

Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto

Dissertação

Curso de Mestrado em Agricultura Sustentável

RITA MARIA LOPES BEXIGA DE MATTOS E SILVA

Orientador interno: NOÉMIA DO CÉU MACHADO FARINHA

Orientador externo: NUNO MANUEL BARROSO PINHEIRO

Elvas, 2018

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto INTERATrigo “Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto” (SAICT-POL/23262/2016 - POCI-01-0145-FEDER-023262).



RITA MARIA LOPES BEXIGA DE MATTOS E SILVA

Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das
interações água-azoto

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL conferido pelo Instituto
Politécnico de Portalegre.

Orientador: Noémia do Céu Machado Farinha

Arguente principal: Manuel Joaquim Marques Patanita

Arguente: Francisco Luís Mondragão Rodrigues

Presidente do Júri: Rute Isabel Guedes dos Santos

Classificação: 16 valores

Escola Superior Agrária de Elvas

2018

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com o apoio de muitas pessoas e entidades às quais estou profundamente grata e que sem elas teria sido impossível terminar esta etapa. Quero deixar os meus agradecimentos:

À Escola Superior Agrária de Elvas por me ter proporcionado o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária de Elvas (INIAV), pela forma acolhedora como fui recebida e pela disponibilidade para realizar esta dissertação nos seus ensaios de campo.

Ao Dr. Benvindo Mações, Diretor da Unidade de Biotecnologia e Recursos Genéticos do INIAV-Pólo Elvas, que permitiu que fosse possível realizar esta dissertação nesta entidade.

Ao Doutor Nuno Pinheiro, pela sua ajuda, paciência, disponibilidade, amizade, conhecimentos transmitidos, pela valiosa ajuda que me deu e que foi essencial para a conclusão desta dissertação, pois sem ela era impossível. É um amigo que levo, muito obrigada!

À Doutora Ana Rita Costa, pela sua valiosa ajuda em determinações relacionadas com a fenologia do trigo e também com aspetos mais técnicos da dissertação.

À Professora Doutora Noémia Farinha, pela proposta de realizar a dissertação de mestrado neste tema, do qual fiquei a gostar bastante; pela sua disponibilidade para a orientação deste trabalho, pelo seu incentivo, apoio e amizade que sempre demonstrou.

Ao Professor Doutor Francisco Mondragão-Rodrigues pela sua ajuda em aspetos relacionados com a instalação das sondas *Watermark*.

A toda a equipa do Laboratório de Análises Químicas da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, pela ajuda na determinação de parâmetros relacionados com a qualidade tecnológica, em especial à auxiliar técnica Beatriz Jara pela ajuda e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Cereais da ENMP que de algum modo ajudaram, em especial à Teresa Gonçalves que me ajudou nas pesagens e determinações da massa do hectolitro.

Ao Centro Operativo de Tecnologia e Regadio (COTR) pela instalação da sonda capacitiva e pelo fornecimento do gráfico com os dados da leitura *online* desta sonda.

A todas as entidades e pessoas que direta ou indiretamente tenham estado envolvidas neste trabalho e que de algum modo ajudaram.

Aos meus amigos, em especial à Ana Pacheco e à Ana Andrade pelo apoio de sempre.

Aos colegas que me apoiaram e ajudaram ao longo desta dissertação, em especial à Elisabete Santos.

Ao meu namorado, pela compreensão, apoio, carinho, companhia em muitas viagens e ajuda com as suas fotografias, as quais agradeço bastante.

Como não podia deixar de ser quero agradecer aos meus pais, pelo apoio incondicional, incentivo e esforços que fizeram para que eu conseguisse concluir esta etapa da melhor maneira, sem eles era impossível terminar este percurso; e à minha avó pelo apoio que me deu e que muitas vezes me emprestou o carro para que me pudesse deslocar a Elvas. Muito obrigada!

Muito obrigada a todos!

Resumo

A planta do trigo possui uma relativa tolerância à deficiência hídrica quando comparada a outras culturas, mas a produção do trigo aumenta consideravelmente quando recebe rega complementar à precipitação, especialmente em zonas de clima mediterrânico. Por outro lado, a aplicação fracionada da fertilização azotada ao longo do ciclo vegetativo da cultura tem sido a abordagem usual para redução de perdas de N por lixiviação e aumento da eficiência do uso do azoto.

Este trabalho foi desenvolvido na Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, em Elvas durante o ano agrícola 2017/2018 e teve como objetivo estudar os efeitos da fertilização azotada e da rega na produção e na qualidade da variedade de trigo melhorador “Antequera”.

Foram testados 8 níveis de fertilização (utilizando adubos clássicos e de libertação controlada e com diferentes fracionamentos ao longo do ciclo), em duas situações hídricas (sequeiro e com rega após o espigamento). Em cada parcela foram observadas e analisadas características fenológicas, morfológicas e de produção e seus componentes, bem como parâmetros relacionados com a qualidade tecnológica do grão (proteína, força e tenacidade da massa e humidade). As diferentes modalidades de fertilização não apresentaram diferenças estatisticamente significativas quanto à generalidade dos parâmetros estudados. Apenas a proteína e a força da massa, parâmetros de grande importância na qualidade industrial do trigo, foram beneficiadas com as aplicações tardias de azoto (na fase de emborrachamento).

Não se verificou efeito significativo da interação fertilização x rega para as variáveis em que foi efetuada a análise de variância.

A rega conduziu a, significativamente, maior produção de grão (2247 kg/ha em sequeiro e 4873kg/ha com rega), aumento do número de grãos por m², aumento do peso do grão, aumento da massa do hectolitro e aumento da força da massa.

Palavras-chave: trigo mole, “Antequera”, adubos clássicos, adubos de libertação controlada, regas suplementares

Abstract

The wheat plant has a relative tolerance to water deficiency when compared to other crops, but wheat production increases considerably when it receives complementary irrigation to precipitation, especially in areas with a Mediterranean climate. On the other hand, the fractional application of nitrogen fertilization throughout the crop cycle has been the usual approach to reduce losses of N by leaching and increase the efficiency of nitrogen use. This work was developed at the Elvas Plant Improvement Station during the agricultural year 2017/2018 and the objective of this work was to study the effects of nitrogen fertilization and irrigation on the production and quality of the "Antequera" wheat variety. Eight fertilization levels were tested (using classical and controlled release fertilizers and with different fractions during the cycle), in two water situations (rainfed and irrigation after the peep). Phenological, morphological and production characteristics and their components, as well as parameters related to grain technological quality (protein, strength and toughness of the mass and moisture) were observed and analyzed in each plot. The different fertilization modalities did not present statistically significant differences regarding the generality of the studied parameters. Only protein and mass strength, parameters of great importance in the industrial quality of wheat, were benefited by late applications of nitrogen (in the rubber phase). There was no significant effect of the fertilization x irrigation interaction for the variables in which the analysis of variance was performed. Irrigation resulted in significantly higher grain yield (2247 kg / ha in dry conditions and 4873 kg / ha with irrigation), increase in the number of grains per m², increase in grain weight, increase of hectoliter mass and increase mass strength.

Key words: Bread wheat, classical fertilizers, "Antequera", controlled release fertilizers, supplementary irrigation

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

°C – Graus Celsius

Al – Aluviosolos Modernos de Textura Ligera

ANPOC – Associação Nacional de Productores de Oleaginosas e Cereais

Cbar – Centibar

COTR – Centro Operativo e Tecnológico de Regadio

Csa – Clima temperado húmido com verão seco e quente

Csb - Clima temperado e húmido com verão seco e temperado

CV – Coeficiente de variação

EC – Estadio de Crecimiento (*GS-Growth stage*)

EMP – Estação de Melhoramento de Plantas

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

IC – Índice de Colheita

INIAV – Instituto Nacional de Investigación Agrária e Veterinária

LVR – Livro de Variedades Recomendadas

Máx – Máximo

Min – Mínimo

PMG – Peso de mil grãos

Pmg – Solos Pardos Mediterraneos de Quartzodioritos

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	v
Índice Geral	vi
Índice de Tabelas	viii
Índice de Figuras	ix
1. Introdução e Objetivos	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos	3
2. Revisão Bibliográfica	4
2.1 A produção de trigo mole em Portugal e no Mundo	4
2.2 Origem e dispersão	6
2.3 Fenologia	7
2.3.1 Rendimento em grão e seus componentes	10
2.4 Caracterização do clima Mediterrânico	11
2.5 O clima mediterrânico do Sul de Portugal	12
2.6 Grão de trigo	14
2.6.1 Estrutura e principais constituintes do grão de trigo	14
2.6.2 Composição química do grão de trigo	16
2.7 Trigo melhorador	17
2.7.1 Determinações tecnológicas efetuadas na farinha do trigo	19
2.8 Importância da rega e da adubação na cultura do trigo	21
2.8.1 Rega	21
2.8.2 Adubação	22
3. Material e Métodos	26
3.1. Localização do ensaio	26
3.2 Caracterização do solo do local do ensaio	26

3.3 Caracterização do clima do local do ensaio	27
3.3.1 Dados climáticos de Elvas referentes ao período 1981/2010 e ao ano agrícola 2017/2018	27
3.4. Material vegetal.....	28
3.5 Delineamento experimental	29
3.6 Técnicas culturais	29
3.7 Monitorização da humidade do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento	30
3.8 Fracionamento do azoto	31
3.9 Parâmetros observados	33
3.9.1 Parâmetros fenológicos e morfológicos	33
3.9.2 Produção, nº de grãos/m ² , massa do hectolitro e peso de mil grãos	34
3.9.3 Qualidade tecnológica do grão	34
3.9.4 Tratamento estatístico	35
4. Resultados e Discussão	36
4.1 Condições climáticas	36
4.2 Monitorização da humidade do solo.....	38
4.3 Fenologia	40
4.4 Altura da Planta.....	43
4.5 Dados Agronómicos e de Qualidade.....	44
4.5.1 Avaliação de ataque de pássaros.....	48
5. Conclusões	51
6. Bibliografia.....	52

Índice de Tabelas

Tabela 1. Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo.	16
Tabela 2. Classes tecnológicas do trigo.	18
Tabela 3. Dados gerais e técnicas culturais realizadas no ensaio em estudo..	30
Tabela 4. Níveis de fertilização azotada em estudo, com 180 kg N/ha.	32
Tabela 5. Média da precipitação nos decêndios compreendidos entre 1931 e 1991.	36
Tabela 6. Valores médios obtidos para cada um dos parâmetros estudados no ensaio de regadio em função das diferentes modalidades de fertilização aplicadas, respetiva média geral e coeficientes de variação.	46
Tabela 7. Valores médios obtidos para cada um dos parâmetros estudados no ensaio de sequeiro em função das diferentes modalidades de fertilização aplicadas, respetiva média geral e coeficientes de variação.	46
Tabela 8. Resultado da Análise de Variância e Teste Tukey, para o tipo de rega, modalidades de fertilização e interação rega x fertilização para o nº de plantas emergidas, colmos por m ² , espigas por m ² , e taxas de sobrevivência e de afilhamento.	47
Tabela 9. Resultado da Análise de Variância e respetivo Teste Tukey , para o tipo de ensaio, modalidades de fertilização e interação ensaio x modalidade para a produção de grão, número de grãos por m ² , peso de mil grãos, massa hectolitro, proteína, W e P/L.	48

Índice de Figuras

Figura 1. Produtividade e área de trigo cultivado em Portugal entre 2006 e 2016.	4
Figura 2. Produtividade e área de trigo cultivado na Europa entre 2006 e 2016.5	
Figura 3. Distribuição das principais regiões mundiais produtoras de trigo.....	5
Figura 4. Crescente Fértil.	6
Figura 5 Diagrama esquemático do ciclo de desenvolvimento do trigo.....	8
Figura 6. Diferentes etapas do desenvolvimento do grão de trigo.	10
Figura 7. Esquema dos componentes que traduzem o rendimento final em grão.	11
Figura 8. Distribuição do clima mediterrânico no mundo.....	12
Figura 9. Média da precipitação de inverno durante os períodos de trinta anos 1953/1980 e 1981/2010 em Elvas.....	13
Figura 10. Media da precipitação de primavera durante os períodos de trinta anos 1953/1980 e 1981/2010 em Elvas.	13
Figura 11. Temperaturas máximas registadas durante o período de enchimento do grão dos cereais nos anos 2005, 2010 e 2015 no sul de Portugal.....	14
Figura 12. Principais constituintes do grão de trigo.....	15
Figura 13. Curva típica do Alveógrafo.	20
Figura 14. Repartição de azoto em dois adubos.	24
Figura 15. Curvas de libertação do azoto.....	25
Figura 16. Localização dos ensaios durante o ano agrícola 2017/18.....	26
Figura 17. Dados climáticos referentes à região de Elvas (médias dos últimos 30 anos).	28
Figura 18 Desenho experimental do ensaio durante o ano 2017/2018.	29
Figura 19 Preparação e instalação das sondas Watermark.	31
Figura 20 Sonda capacitiva de registo contínuo e sua informação gráfica via <i>online</i>	31
Figura 21. Amostra dos adubos utilizados.....	32
Figura 22. Temperaturas máximas e mínimas diárias registadas ao longo do ciclo vegetativo, precipitação e regas suplementares efetuadas no ensaio de regadio.	37

Figura 23	Leitura gráfica da sonda capacitiva instalada no ensaio de regadio.	38
Figura 24	Leituras efetuadas nas sondas <i>Watermark</i> na parcela de regadio a 30 e a 60 cm de profundidade.....	39
Figura 25	Resultados das leituras efetuadas nas sondas <i>Watermark</i> na parcela de sequeiro instaladas a 30 e a 60 cm de profundidade.	40
Figura 26	Datas de espigamento da variedade “Antequera” nas duas condições hídricas estudadas e em cada uma das modalidades de fertilização.	41
Figura 27	Datas de maturação fisiológica da variedade “Antequera” nas duas condições hídricas estudadas e em cada uma das modalidades de fertilização.	42
Figura 28	Número de dias de enchimento do grão verificados nas duas condições hídricas e em cada uma das modalidades de fertilização.	42
Figura 29	Valores relativos à altura da variedade “Antequera” nas duas condições hídricas e em cada uma das modalidades de fertilização.	43
Figura 30	Aparelho utilizado para determinação das alturas das plantas (Herbómetro).....	44
Figura 31	Resultado do ataque por pássaros nas diferentes modalidades de fertilização no ensaio de regadio.....	49
Figura 32	Resultado do ataque por pássaros nas diferentes modalidades de fertilização no ensaio de sequeiro.	50

1. Introdução e Objetivos

1.1. Introdução

O trigo é, juntamente com o milho e arroz, um dos cereais mais produzidos no mundo. Atualmente o maior produtor e consumidor de trigo do mundo é a China, sendo também o maior importador desde 2013 (FAO, 2018). Este cereal é um alimento básico, utilizado para obtenção de farinha para produzir pão, sendo também utilizado na alimentação animal.

A planta de trigo possui uma relativa tolerância à deficiência hídrica quando comparada a outras culturas (Boteta, 2014), devido à sua maior eficiência no uso da água, consequência de ser originária de regiões semiáridas. No entanto, a produção do trigo aumenta consideravelmente quando recebe complementos hídricos à precipitação, especialmente em zonas e anos de fraca e/ou má distribuição da pluviometria em que o êxito da cultura depende da disponibilidade de efetuar regas de complemento (Boteta, 2014).

A rega pode levar a uma intensificação do uso de fertilizantes azotados e, consequentemente a uma redução na eficiência do uso de azoto com acréscimo das perdas por lixiviação. A aplicação fracionada da fertilização azotada ao longo do ciclo vegetativo da cultura tem sido a abordagem usual de redução de perdas de N por lixiviação e, por sua vez, de aumento da eficiência do uso do azoto. Sob condições agroambientais que ainda assim favoreçam estas perdas, tais como períodos chuvosos ou regadio, os fertilizantes de eficiência aumentada (EEF) – produtos de libertação controlada ou de libertação lenta, e inibidores de nitrificação – podem melhorar a eficiência do azoto aplicado (Tomaz, 2017).

O setor dos cereais praganosos (e mais concretamente o trigo mole e o trigo duro) enfrenta na atualidade grandes desafios e ameaças que podem conduzir, no limite, ao abandono das produções com consequências sociais, económicas e ambientais de contornos difíceis de avaliar (Coutinho *et al.*, 2014). Estes novos desafios requerem uma gestão sustentável dos recursos naturais, a preservação do meio ambiente, consumo sustentável e redução de resíduos,

mas também requerendo que as soluções sejam economicamente viáveis e acessíveis para os diferentes tipos de explorações e regiões. Os cereais, enquadrados em sistemas de agricultura equilibrados, permitem a manutenção de outros setores, nomeadamente da produção animal em regime extensivo, de ecossistemas específicos para diversos tipos de fauna e, sobretudo, do ponto de vista social e económico, a sustentabilidade das populações locais, evitando-se a desertificação de vastas zonas do país (Coutinho *et al.*, 2014).

Os cereais de outono-inverno (trigo mole, trigo duro, triticales, cevada e aveia), constituem um grupo importante de espécies que ocupam uma área significativa do espaço rural em Portugal e que, desde há muitos anos, são objeto de estudo, melhoramento e obtenção de novas variedades na Estação de Melhoramento de Plantas (EMP), em Elvas, integrada no Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) do Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural (Coutinho *et al.*, 2014).

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação foi realizado na EMP (INIAV-Elvas) e enquadra-se num projeto denominado INTERATrigo, no âmbito do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) do Portugal 2020. Visa avaliar o rendimento e qualidade de trigo mole em função das interações água-azoto.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste estudo é avaliar a eficiência do fracionamento do azoto ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do trigo e como a gestão eficiente da reserva hídrica do solo poderá influenciar a sua produção e qualidade tecnológica para panificação.

Como objetivos específicos:

- 1) Avaliar os efeitos combinados entre fertilização azotada e duas dotações de rega nas respostas produtivas da variedade de trigo mole “Antequera”.
- 2) Definir um conjunto de itinerários técnicos que sejam potenciadores de eficiência de uso do azoto em trigo regado.
- 3) Utilizar o conhecimento adquirido para encontrar as melhores opções para otimizar a distribuição de azoto durante o ciclo de desenvolvimento do trigo, minimizando as perdas por lixiviação e garantindo a máxima expressão do seu potencial genético de produção com elevada qualidade tecnológica.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 A produção de trigo mole em Portugal e no Mundo

Em Portugal os cereais têm um grau de autoaprovisionamento de 25,5%, sendo o grau de autoaprovisionamento do trigo de 5,7% (Diniz, 2016). Este baixo valor faz com que Portugal esteja muito dependente das importações de cereais. Mais de metade dessas importações são destinadas à alimentação animal (Diniz, 2016). Entre 2008 e 2011 a produção e a área cultivada de trigo baixou, tendo a área cultivada aumentado em 2012. Já entre 2012 e 2016 verificou-se um crescimento da produção, no entanto a área cultivada decresceu nesse período, o que se significa um aumento de produção em áreas menores (Figura 1).

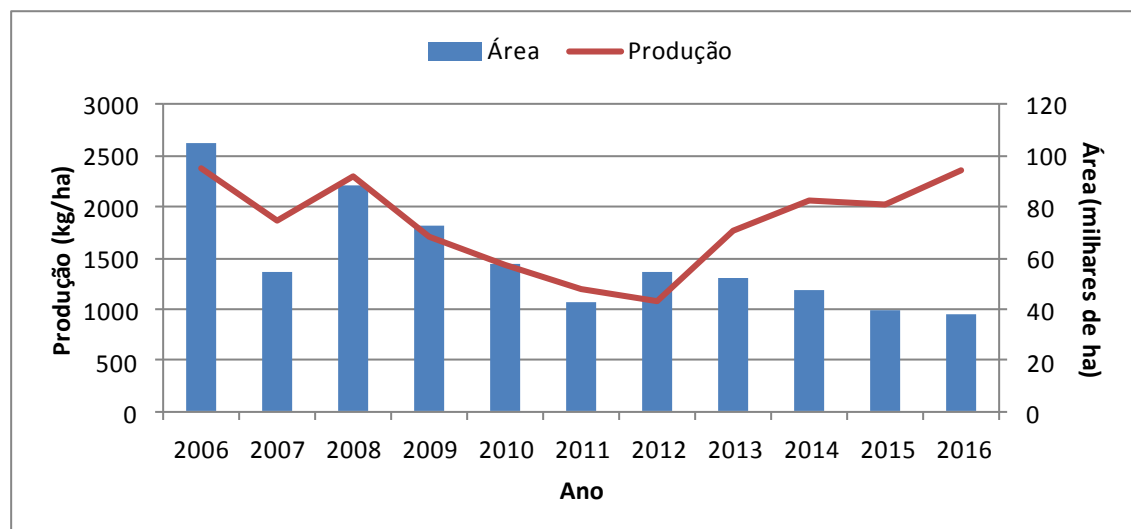


Figura 1. Produtividade e área de trigo cultivado em Portugal entre 2006 e 2016 (Fonte: FAO, 2017).

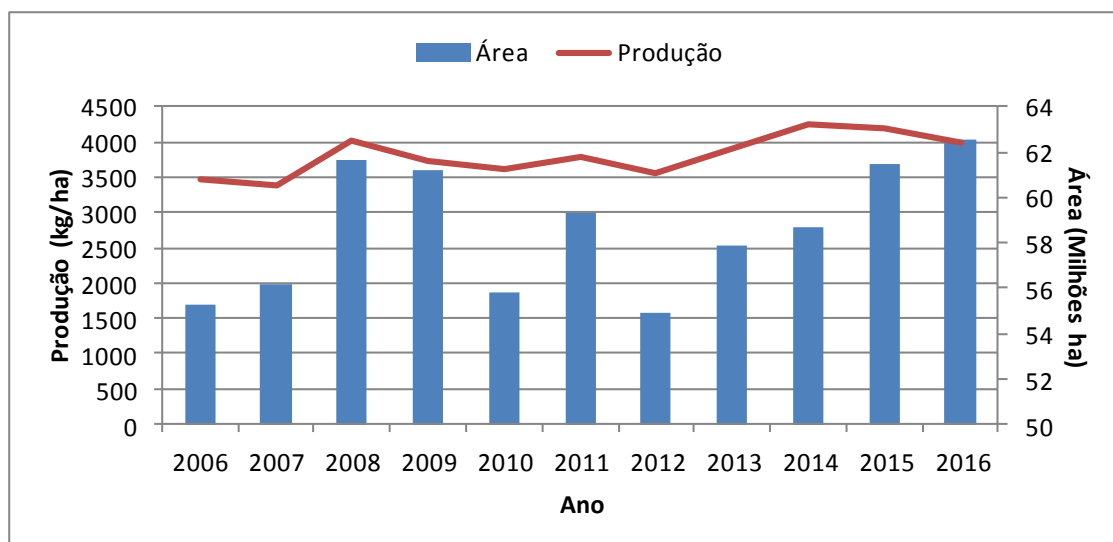


Figura 2. Produtividade e área de trigo cultivado na Europa entre 2006 e 2016 (Fonte: FAO, 2017).

O trigo é uma das culturas mais produzidas em todo o mundo, tendo atingido uma produção global de 749 460 Milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018). A Ásia é o maior produtor a nível mundial e África o menor como podemos ver na Figura 3 (FAO, 2018).

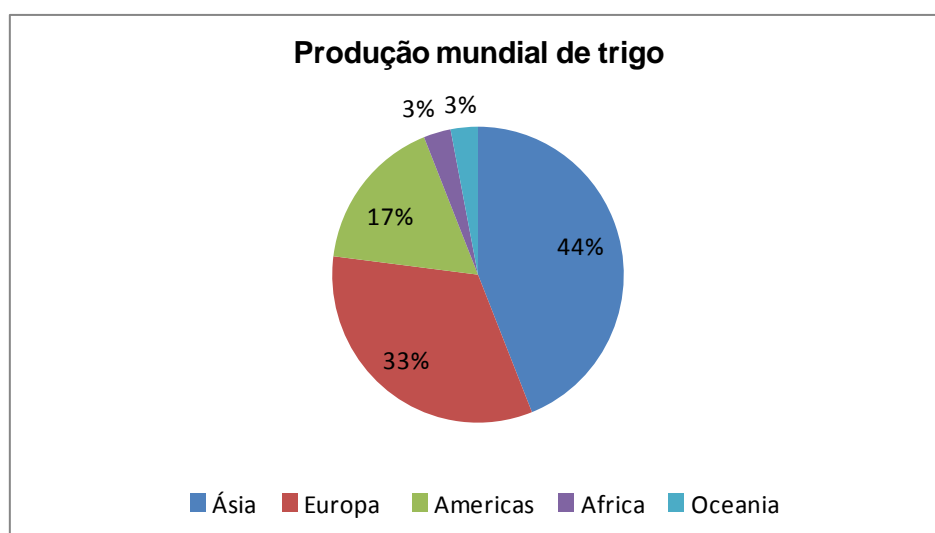


Figura 3. Distribuição das principais regiões mundiais produtoras de trigo (Fonte: FAO, 2018).

2.2 Origem e dispersão

O trigo é uma gramínea pertencente à família *Poaceae*, à classe das Monocotiledóneas (ou *Liliopsida*), à ordem *Poales*, à tribo *Hordeas* e ao género *Triticum*, sendo a espécie em estudo o *Triticum aestivum* L., trigo mole para panificação.

A palavra trigo provém da palavra latina *Triticum* que significa “quebrado” ou “debulhado”, referindo-se à manipulação que é feita para separar o grão de trigo da casca que o cobre. *Triticum* significa então, o grão que deve ser debulhado para ser consumido (Pinheiro, 2017).

Este cereal está presente na história da humanidade desde há cerca de 10 mil anos tendo o seu cultivo começado na Mesopotâmia, numa região chamada Crescente Fértil, área que vai desde o Egito até ao Iraque (Figura 4). Foi através desta zona que o trigo se espalhou pelo mundo. Os chineses já conheciam o trigo há cerca de 2 mil anos antes de Cristo. Na Europa, o cultivo deste cereal expandiu-se nas zonas mais frias como a Rússia e a Polónia e foi através dos europeus que no séc. XV chegou à América.



Figura 4. Crescente Fértil (Fonte: www.cpalexandria.wordpress.com).

Segundo a sua constituição genómica, AA, AABB, AABBDD, os trigos silvestres e cultivados conhecidos classificam-se em três espécies, *Triticum monococcum* (AA), *Triticum turgidum* (AABB) e *Triticum aestivum* (AABBDD) (López Bellido, 1991). Os trigos cultivados atualmente pertencem às espécies *Triticum turgidum* (L.) Thell. ssp. *durum* Desf. (tetraploide, $2n=4x=28$, com o genoma AABB), conhecido por trigo duro, cuja principal aptidão é a produção de sémola para o fabrico de massas alimentícias e seus derivados e o *Triticum aestivum* (L.) (hexaploide, $2n=6x=42$, genoma AABBDD), trigo mole cuja principal aptidão é a produção de farinha para o fabrico de pão e bolachas (Carillo *et al.*, 2006)

2.3 Fenologia

O desenvolvimento vegetal pode-se definir como a sequência de acontecimentos fenológicos, controlados por fatores genéticos e ambientais, que determinam as modificações morfológicas e funcionais da planta e que conduzem à acumulação de biomassa e a formação dos componentes do rendimento (Pinheiro, 2014).

Para caracterizar o desenvolvimento do trigo podem utilizar-se varias escalas ou códigos de desenvolvimento, as quais descrevem as diferentes fases de desenvolvimento visíveis sem que seja necessário dissecar a planta. Dentro destas escalas encontram-se: a escala de Haun (Haun, 1973), amplamente utilizada na definição das diferentes etapas de desenvolvimento vegetativo; a escala de Feeks (Large, 1954) e a escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974) que contêm uma boa descrição das fases vegetativa e reprodutiva do trigo. A figura 5 descreve a totalidade dos estádios do ciclo de desenvolvimento do trigo, incorporando características que não se consideram em outras escalas. Esta escala é baseada num código decimal, o qual revela vários aspetos do desenvolvimento da planta. O primeiro dígito com valores de 0 (germinação) a 9 (maturação), refere-se á fase principal do crescimento e o segundo dígito, igualmente com valores de 0 a 9, revela mais detalhes para cada uma das fases de crescimento, correspondendo a posição 5 ao valor médio. Os números das folhas, por exemplo, têm códigos decimais de 11 a 19 e os filhos

do colmo principal de 21 a 29. Os códigos decimais são precedidos das letras EC – Estádio de Crescimento, que provém do inglês *Growth Stage*.

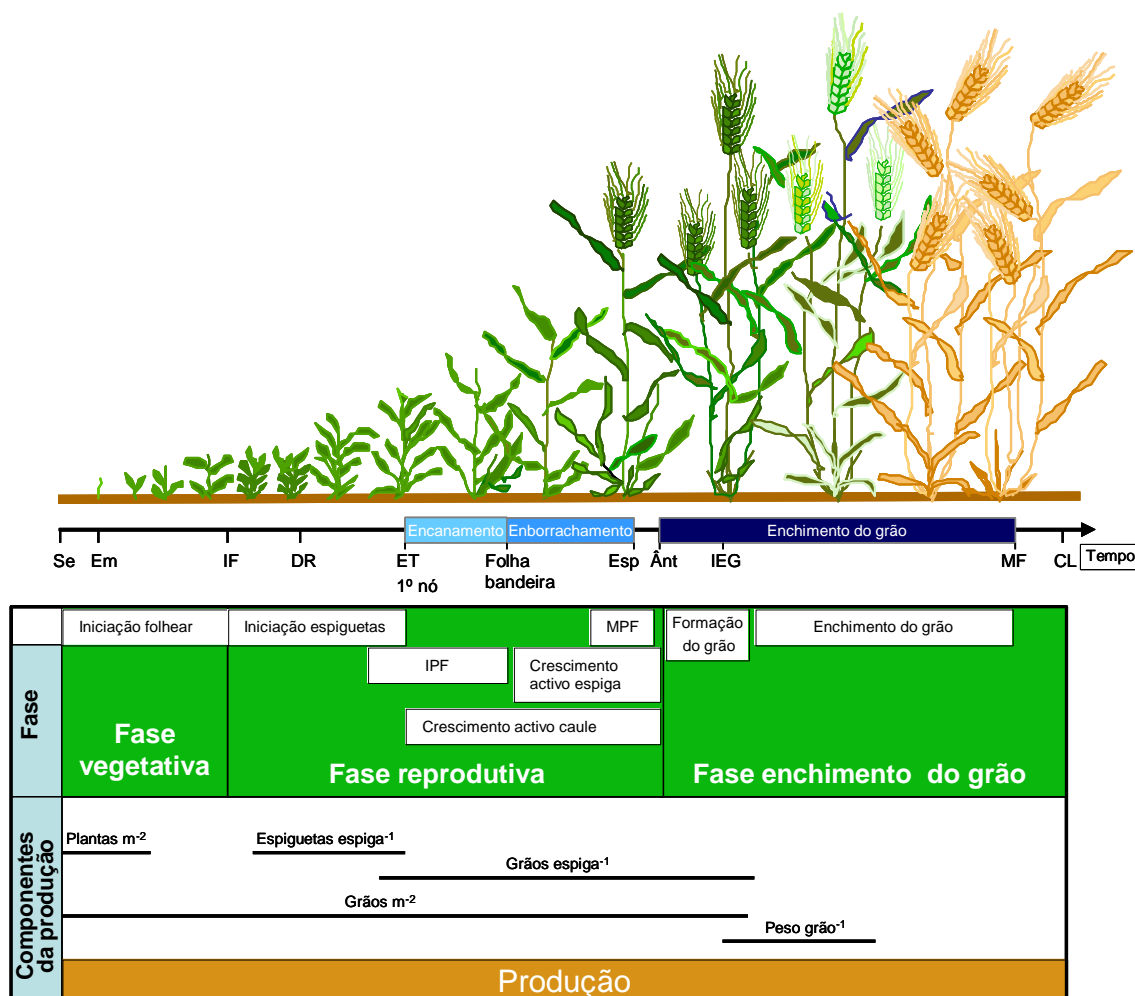


Figura 5 Diagrama esquemático do ciclo de desenvolvimento do trigo. O diagrama identifica as fases, sementeira (Se), emergência (Em), iniciação floral (IF), “Double ridge” (DR), formação da espiguetas terminal (ET), espigamento (Esp), ântese (Ant), início do enchimento do grão (EG), maturação fisiológica (MF) e colheita (C). As caixas representam os períodos de diferenciação de alguns órgãos durante as fases vegetativa, reprodutiva ou de enchimento do grão (IPF- iniciação dos primórdios florais); MPF- morte dos primórdios florais). As linhas representam os momentos no tempo em que os diferentes componentes do rendimento se formam. Fonte: Adaptado de Slafer e Rawson (1994).

Os estádios de desenvolvimento do trigo reconhecidos como os mais importantes são a germinação, a emergência, a iniciação floral ou aresta dupla, a espiguetas terminal (primeiro nó ou início do alongamento do caule – encanamento), aparecimento da folha da bandeira (início da fase do emborrachamento), espigamento, ântese e maturação fisiológica (Acevedo *et al.*, 2002).

A fase vegetativa compreende desde a germinação até ao início da diferenciação das espiguetas (estadio de aresta dupla) do inglês *double ridge* (Figura 5), compreendendo as fases EC 0, EC 1, e EC 2 da escala de Zadoks *et al.* (1974).

A fase reprodutiva (EC 3 a EC 5) começa com a formação dos primeiros primórdios das espiguetas no ápice meristemático e termina na ântese, com a polinização dos ovários nas espiguetas com flores férteis. Durante esta fase, ocorre a morte de alguns filhos produtivos. A extensão e o tempo desse processo dependerão do grau de competição entre as plantas e/ou as condições de *stress* a que estas poderão estar sujeitas (Kirby e Appleyard, 1987).

Quando a formação da espiguetas terminal é concluída, inicia-se o encanamento e a espiga começa a crescer, o crescimento da espiga ocorre entre o aparecimento da penúltima folha (folha anterior à folha da bandeira) e os dez dias que antecedem a ântese (Kirby e Appleyard, 1984). Quando ocorre a ântese (EC 6), o número de espigas/planta e, conseqüentemente o número de espigas/m² já se encontra definido. O crescimento dos caules termina após a ântese.

A espiga de trigo contém apenas uma espiguetas por cada nó da ráquis. Cada espiguetas tem entre 3 e 5 flores potencialmente férteis (Kirby e Appleyard, 1984), as quais serão autopolinizadas em 96% dos casos (Martin *et al.*, 1976). A ântese tem início na parte central da espiga e continua depois nas zonas basal e apical durante 3 a 5 dias sucessivos (Almeida, 2007).

A fase do enchimento do grão (EC 6 – EC 9), começa 5 dias depois da ântese e é o período durante o qual ocorre a formação e maturação fisiológica do grão. A maturação fisiológica do grão é normalmente definida como a fase em que a folha da bandeira e as espigas se tornam amarelas (Hanft e Wych, 1982).

Segundo Loss e Siddique (1994), o desenvolvimento do grão (EC 7 – EC 9) está dividido em três fases: na primeira fase ocorre um crescimento exponencial rápido, durante o qual as células do endosperma se dividem rapidamente e o tamanho potencial do grão fica determinado; na segunda fase

ocorre um desenvolvimento constante com acumulação de amido no endosperma; a terceira fase começa com a deposição de lípidos no grão e acaba com uma redução da taxa de crescimento até ao peso máximo do grão ser atingido (Figura 6).

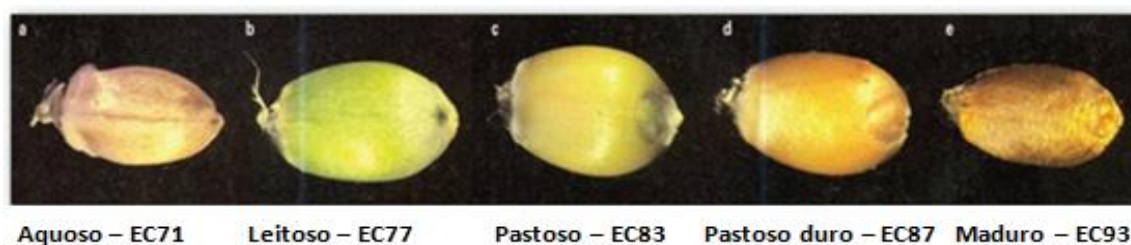


Figura 6. Diferentes etapas do desenvolvimento do grão de trigo (Fonte: Pinheiro, 2017).

2.3.1 Rendimento em grão e seus componentes

O rendimento em grão representa o produto final da interação de fatores relacionados com o genótipo e com o ambiente, cujos efeitos individuais são difíceis de precisar. No entanto, pode-se expressar em função dos seus componentes sendo os principais: número de espigas por unidade de superfície, número de grãos por espiga e peso final do grão (Maças *et al.*, 2000; Almeida, 2007).

Os componentes principais do rendimento determinam-se sequencialmente ao longo do desenvolvimento das plantas, durante o período anterior à ântese (espigas/m²), durante a ântese (nº de grãos/espiga) e entre a ântese e a maturação fisiológica (peso do grão) (Molina Cano, 1989). Esta determinação sequencial permite compensar os efeitos exercidos sobre os primeiros componentes, provocados por condições temporais adversas, assegurando assim a estabilidade do rendimento perante uma grande adversidade de ambientes e circunstâncias (Royo *et al.*, 2006).

Deste modo, a produção final de grão de uma variedade resulta da combinação de todos os componentes anteriormente mencionados (Figura 7). Estes componentes dividem-se em dois níveis diferentes: um nível populacional (nº

de espigas/m²) e um nível individual (nº de espiguetas/espiga, nº de grãos/espiga e peso do grão) (Gomes, 1999; Almeida, 2007; Coco, 2013).

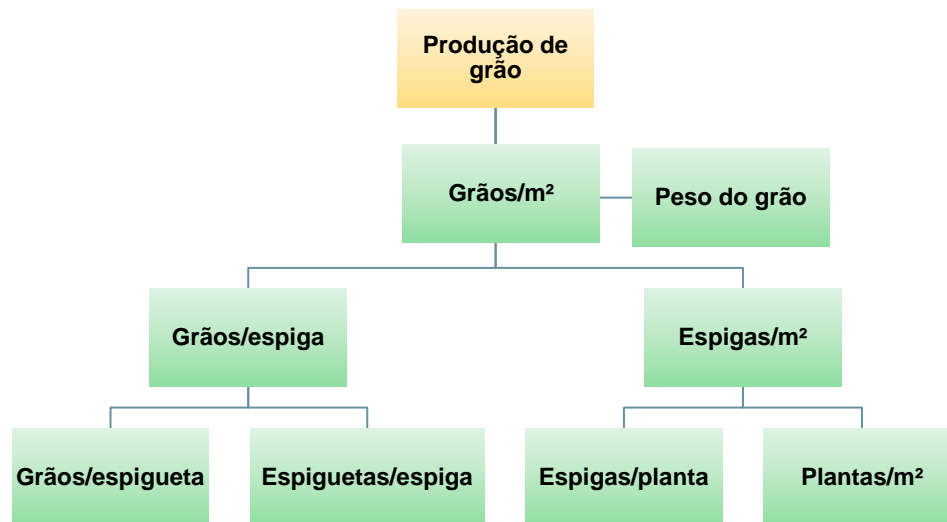


Figura 7. Esquema dos componentes que traduzem o rendimento final em grão. (Fonte: Gomes, 1999; Almeida, 2007; Coco, 2013).

2.4 Caracterização do clima Mediterrânico

Os diferentes tipos de clima existentes no mundo são definidos pela variação anual conjunta da temperatura e da precipitação (UNESCO-FAO, 1963). A classificação climática definida por W. Köppen em 1931 (Köttek *et al.*, 2006), indica que todo o sudoeste de Portugal e Espanha estão enquadrados em climas temperados, na subdivisão mediterrânica ou subtropical seca, clima temperado húmido com verão seco e quente (Csa) no sul e clima temperado húmido com verão seco e temperado (Csb) no norte. Este clima caracteriza-se por invernos temperados e chuvosos e verões secos e quentes, com outonos e primaveras variáveis tanto em temperaturas como em precipitação. O seu nome tem origem no mar Mediterrâneo, zona de onde é típico este clima e adquire maior extensão geográfica, embora também esteja presente em outras zonas do planeta com variações quanto á distribuição de temperaturas (Figura 8) (Almeida, 2007).

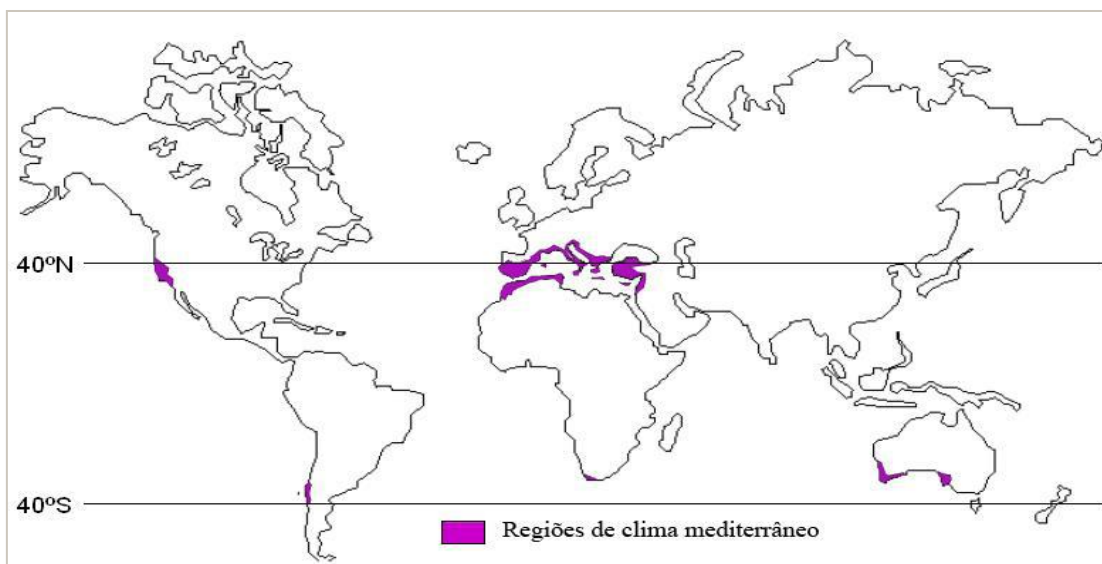


Figura 8. Distribuição do clima mediterrâneo no mundo (Fonte: Almeida, 2007).

O clima mediterrâneo está geograficamente situado nas costas ocidentais das massas continentais, entre os climas oceânicos em direção aos polos, e no deserto para o equador, sendo realmente uma combinação de ambos: no inverno predomina a componente oceânica e no verão a desértica. Na figura 8 podem-se observar as zonas no mundo onde este clima está presente: todo o sul/sudoeste da Europa, norte de África, EUA (Califórnia), América do Sul (Chile), África do Sul e Sul da Austrália (Pinheiro, 2017).

As chuvas não são geralmente muito abundantes, embora existam áreas onde ultrapassam os 1000mm. A característica principal é que não ocorre no verão. A temperatura mantém-se em média, todos os meses acima dos 0°C mas apresentam uma variação sazonal. Em qualquer caso existe um verão seco e quente com temperaturas médias superiores a 25°C podendo ultrapassar os 45°C em situações de ondas de calor. Este tipo de clima está presente em 10-15% do total da produção de trigo a nível mundial (Loss e Siddique, 1994).

2.5 O clima mediterrâneo do Sul de Portugal

O tipo de clima que afecta o sul de Portugal confere características ambientais muito específicas a esta região. Já em 1908, Sertório do Monte Pereira, ao

analisar alguns indicadores sobre a produção agrícola em Portugal, considerou que “a irregularidade desconcertante do nosso clima” era uma limitação importante para a atividade agrícola (Carvalho, 1994).

Estudos sobre a variabilidade da distribuição e quantidade de precipitação na zona sul de Portugal, demonstram a existência de uma diferença de aproximadamente 50mm entre as médias da chuva de inverno durante os períodos de trinta anos 1953/1980 e 1981/2010 (Figura 9). Também a diferença entre as médias da chuva de primavera em ambos os períodos foi à volta de 24mm (Maçãs *et al.*, 2011) (Figura 10).

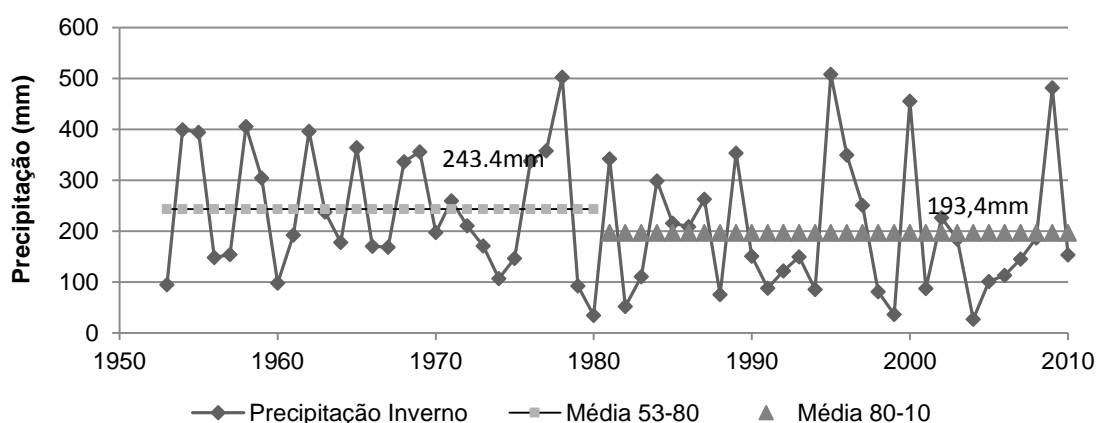


Figura 9. Média da precipitação de inverno durante os períodos de trinta anos 1953/1980 e 1981/2010 em Elvas (Fonte: Estação meteorológica INIAV-Elvas).

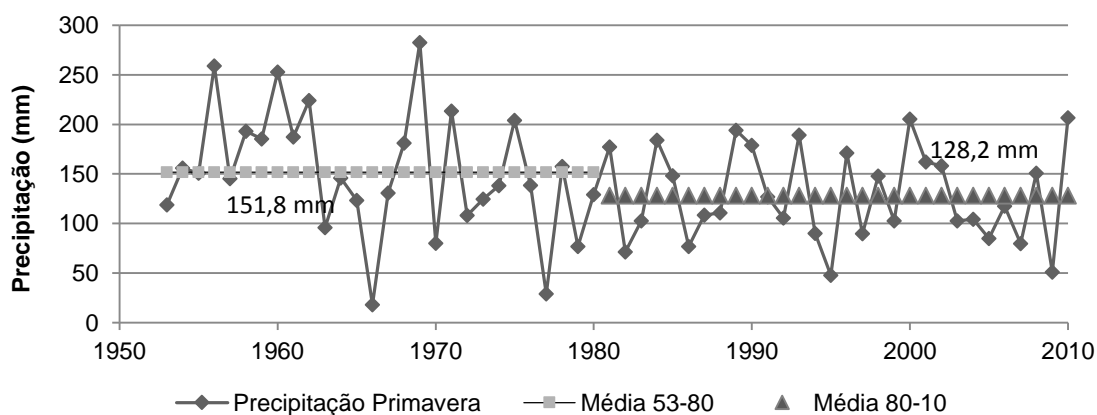


Figura 10. Média da precipitação de primavera durante os períodos de trinta anos 1953/1980 e 1981/2010 em Elvas (Fonte: Estação meteorológica INIAV-Elvas).

A temperatura durante a fase reprodutiva e do enchimento do grão junta com a ocorrência de choques térmicos, períodos de exposição do trigo a temperaturas superiores a 32°C durante a fase de enchimento do grão, podem traduzir-se na principal combinação de fatores climáticos que limitam a expressão do potencial de produção de trigo (Yang *et al.*, 2002).

Na figura 11 observa-se que no sul de Portugal, para um período de três anos 2005, 2010 e 2015, as temperaturas máximas ultrapassam em muitos momentos os limites considerados ótimos durante o período de enchimento do grão.

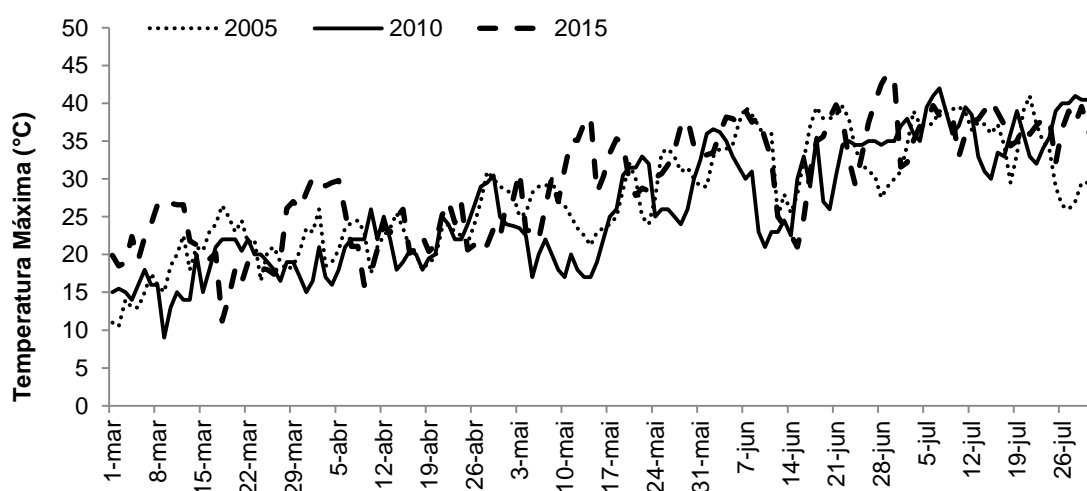


Figura 11. Temperaturas máximas registadas durante o período de enchimento do grão dos cereais nos anos 2005, 2010 e 2015 no sul de Portugal (Fonte: Estação meteorológica INIAV-Elvas).

2.6 Grão de trigo

2.6.1 Estrutura e principais constituintes do grão de trigo

Enquanto os frutos da maioria das plantas contêm uma ou mais sementes que no estado de maturação são facilmente removidos dos restantes tecidos dos frutos, na família *Gramineae* (*Poaceae*) a parede do fruto e a semente estão unidas, daí que a semente e o fruto não possam ser separados. Este tipo de fruto, característico de todas as gramíneas (incluídos os cereais), tem a designação de cariopse (Šramková *et al.*, 2009).

O grão de trigo tem geralmente forma oval, embora diferentes espécies e/ou variedades tenham grãos de forma ligeiramente diferente. O grão varia entre 5-9 mm de comprimento, com um peso compreendido entre 35- 50 mg e possui um vinco no lado que foi originalmente ligado à inflorescência (Šramková *et al.*, 2009).

Em termos gerais, o grão de trigo é constituído pelo embrião (2-3%), o endosperma (80-85%) e os tegumentos (12-18%), sendo o endosperma da maior importância por dar origem à farinha, depois de separado dos restantes componentes (Bagulho, 2008). Na figura 12 podemos observar o grão de trigo e os seus constituintes.

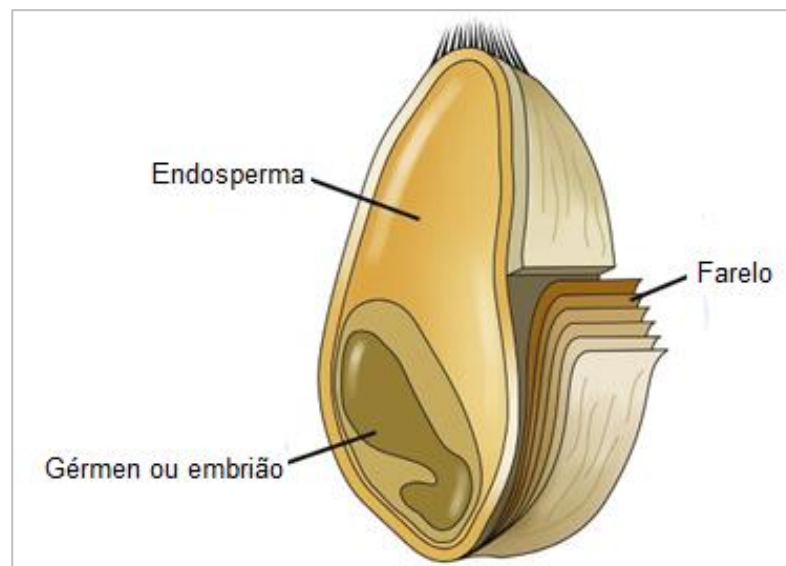


Figura 12. Principais constituintes do grão de trigo
(Fonte: www.gastropedinutri.blogspot.com)

Do ponto de vista estrutural as células do endosperma contêm os seguintes componentes: paredes celulares, grânulos de amido, matriz e corpos proteicos. As paredes celulares possuem um elevado teor de fibra (celulose, β - glucanas e pentosanas) e encerram os restantes constituintes. Os grânulos de amido (Carrillo *et al.*, 2006) ocupam a maior parte do espaço celular, estando rodeados pela matriz proteica e pelos corpos proteicos (maioritariamente incrustados nos grânulos de amido). As células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a

germinação do embrião, nomeadamente os glícidos (principalmente amido), as proteínas e os componentes minoritários lípidos e minerais.

De acordo com a genética, existem duas espécies de trigo mais comuns: *Triticum aestivum* - trigo mole, utilizado nos produtos de padaria, pastelaria e fabrico de bolachas; e o *Triticum durum* - trigo duro, usado no fabrico de massas alimentícias (Remelgado, 2016).

O trigo mole produz farinha muito fina com coloração branca, possui baixo teor proteico o que resulta numa massa de glúten fraca e também com baixa absorção de água. O trigo duro, ao contrário do mole, possui alto teor proteico e é difícil reduzi-lo a farinha. No entanto, a sêmola produzida tem aspeto arenoso e com maior granulometria e com teor de glúten forte (Remelgado, 2016).

2.6.2 Composição química do grão de trigo

A composição química do grão de trigo pode variar com a região, as condições de cultivo e o ano agrícola. A Tabela 1 mostra os intervalos típicos da composição química do trigo.

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Humidade	8	18
Amido	60	68
Proteína	7	18
Lípidos	1,5	2
Fibra	2	2,5
Cinzas	1,5	2

Tabela 1. Intervalo de variação da concentração dos principais componentes do trigo (Fonte: Pallarés et al., 2007).

Quimicamente as células do endosperma fornecem as reservas necessárias ao desenvolvimento da semente quando ocorre a germinação do embrião: os

hidratos de carbono (principalmente amido), as proteínas e os componentes minoritários, lípidos e minerais (Bagulho, 2008).

O amido e as proteínas têm sido os componentes mais estudados ao longo dos tempos, não só por serem os componentes mais abundantes do endosperma, mas também por serem os principais responsáveis pelas propriedades tecnológicas e funcionais das farinhas (Bagulho, 2008).

2.7 Trigo melhorador

No Alentejo existem boas condições para a produção de cultivares de trigo melhorador com maior valor de mercado e cuja produção nacional representa apenas aproximadamente 10% das necessidades de mercado interno (Tomaz, 2017).

Os trigos melhoradores são usados para corrigir lotes de trigo com valor de força ou de proteína mais baixos e para produção de farinhas especiais. O seu valor de mercado é superior aos trigos, considerados panificáveis correntes. Por exemplo, em 2015 o preço pago à produção por uma tonelada de trigo melhorador rondou os 240€, enquanto o trigo forrageiro não ultrapassou os 180€/ton. Estima-se que Portugal produza cerca de 100 mil toneladas destes cereais, representando um valor de mercado de 4 milhões de euros (Anónimo, 2016).

Portugal tem boas condições para a sua produção, embora a cadeia de valor deste cereal seja bastante fragmentada ao nível dos clientes finais. A produção destes cereais requer, para além da sementeira correta, a capacidade de análise do grão à entrada da Organização de Produtores para que sejam devidamente catalogados, assim como um circuito de armazenagem e transporte em separado (Martins, 2013).

Em Portugal existe atualmente uma iniciativa inovadora para o trigo na qual o INIAV-Elvas e o Instituto Politécnico de Beja realizam anualmente ensaios de campo para analisar diversos parâmetros agronómicos e de qualidade tecnológica com o objetivo de elaborar uma Lista de Variedades

Recomendadas (LVR) para trigo mole e duro de qualidade em parceria com a ANPOC (Associação Nacional de Produtores de Oleaginosas e Cereais) e com a indústria (Ceres, Germen e Cerealis) com o objetivo de identificar as variedades que melhor sirvam os seus interesses (Pinheiro, 2017). A LVR é elaborada no final de cada ano agrícola, considerando os resultados do próprio ano e de, pelo menos 3 outros anos de ensaios. A LVR, para cada um dos cereais e dentro de cada classe tecnológica, será formada levando em linha de conta, no resultado final, uma maior preponderância do potencial industrial face ao potencial agronómico (LVR, 2017/2018).

Um trigo de classe melhorador é caracterizado como um trigo com comportamento de melhorador em pelo menos 2 dos 3 anos avaliados ou 3 dos 4 anos avaliados, sendo que no outro ano terá de ter, no mínimo comportamento de semi-corretor. São considerados trigos semi-corretores trigos que tiveram comportamento de semi-corretor em todos os anos ou na maioria dos anos de avaliação (dois nas variedades com 3 anos de avaliação ou três nas variedades com 4 anos), sendo que no outro poderá ter, comportamento de melhorador (LVR, 2017/2018). Estas classes tecnológicas podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Classes tecnológicas do trigo (Fonte: LVR, 2017/2018).

Parâmetros considerados	CLASSES TECNOLÓGICAS	
	MELHORADOR	SEMI-CORRECTOR
Proteína m.s. (%)	Min 14	Min 12,5
Índice de Queda/Hagberg (s)	Min 260	Min 260
Peso específico (kg/hl)	Min 79	Min 78
Glúten húmido* (%)	Min 32	Min 28
Glúten seco* (%)	Min 12	Min 11
P/L	Entre 0,5 e 1	Máx 1,2
W (E ⁻⁴ J)	Min 300	Min 220
Humidade (%)	Máx 13	Máx 13

*Determinações realizadas na farinha.

A variedade em estudo é um trigo mole, Antequera, uma das variedades melhoradoras recomendadas pela Lista de Variedades Recomendadas para as sementeiras de 2017/2018.

2.7.1 Determinações tecnológicas efetuadas na farinha do trigo

2.7.1.1 Proteína

As proteínas são os componentes que mais influenciam a qualidade dos trigos, quer pela sua quantidade (teor proteico), quer pelo tipo de proteínas (características das proteínas individuais). Estes dois aspetos são os principais determinantes da viscoelasticidade do glúten, pois condicionam o tamanho dos polímeros e as suas propriedades agregativas (Bagulho, 2008).

A quantidade e qualidade de proteína são características que avaliam o potencial da sêmol a em relação ao seu uso ou destino final. Delas dependem as propriedades plásticas ou reológicas das massas. A sua quantidade está relacionada com o azoto total e é um fator mais relacionado com o ambiente e com as condições de cultivo do que a variedade (González e Rojo, 2005).

As proteínas do grão podem-se dividir em albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas, dependendo da sua solubilidade em água, em solução salina, em 70% de etanol aquoso e em soluções ácidas ou alcalinas respetivamente (Finney *et al.*, 1987; López-Bellido, 1991; Brites *et al.*, 1998). As albuminas e globulinas têm funções metabólicas e estruturais e localizam-se principalmente no embrião e na periferia do grão. As gliadinas e as glutelinas são as proteínas insolúveis, chamadas proteínas de reserva, que se localizam nas células do endosperma em forma de corpúsculos ou corpos proteicos. Estas constituem a porção mais importante, qualitativa e quantitativamente nos cereais (Brites, 1998). Mede-se determinando a quantidade de Azoto (N) existente no grão (corrigido por um fator). Tão importante como a quantidade de proteína existente no grão, também a proporção em que se encontram os diferentes tipos de proteína se torna importante para a obtenção de diferentes tipos de farinha: extensíveis, elásticas, tenazes e equilibradas. O teor de proteína pode ser influenciado pelos fatores genéticos (variedades de trigo), condições ambientais e fertilizações azotadas. Quanto à proporção dos diferentes tipos de proteína é, principalmente, condicionada pelos fatores genéticos (Autor desconhecido, 2016).

2.7.1.2 Peso do hectolitro

Expressa o peso do grão por unidade de volume em Kg/Hl. Este índice é muito antigo e foi usado para criptografar o valor comercial do grão no momento em que foi vendido por volume. O peso do hectolitro é um parâmetro ligado à proporção de endosperma e tegumento, quanto maior for o peso maior é o endosperma (López-Bellido, 1991). Por sua vez o tamanho dos grãos depende, sobretudo da variedade e das condições ambientais, principalmente durante o período de enchimento maturação do grão (Blumenthal *et al.*, 1991). O peso do hectolitro pode ser influenciado por vários fatores como espaços vazios, o teor de água no grão e a natureza e quantidade de impurezas presentes na amostra. No entanto, este parâmetro ainda é importante para definir o rendimento em farinha ou sêmola do grão, que é maior à medida que cresce (Brites *et al.*, 1998).

2.7.1.3 Alveógrafo

O Alveógrafo é um aparelho que simula o comportamento da massa na fermentação, imitando, em larga escala, a formação de alvéolos provocados pelo CO₂ produzidos pelas leveduras. Baseia-se na medição da pressão do ar necessária para insuflar uma bolha de massa. Para isso são colocados num misturador farinha e uma solução de cloreto de sódio com o objetivo de formar um disco de massa. Em seguida, a resistência à deformação e extensibilidade do referido disco de massa é medida insuflando ar sobre ele, formando-se um bolha de massa que então se rompe. Com este aparelho são obtidos gráficos a que se dá o nome de alveogramas (Alvarez, 2001) (Figura 13).

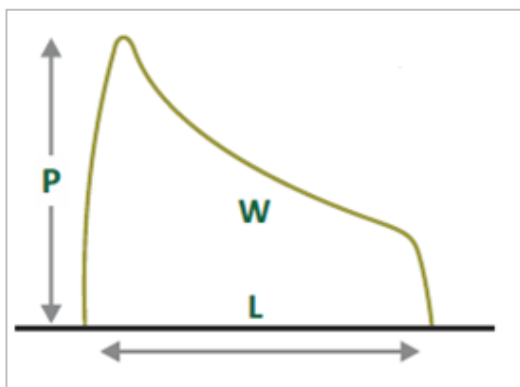


Figura 13. Curva típica do Alveógrafo (Fonte: www.lusosem.pt).

Força (W): energia (expressa em 10^{-4}) necessária para deformar 1g de massa até a sua ruptura, nas condições do ensaio (Bagulho, 2008).

Tenacidade (P): pressão máxima necessária á deformação da massa (expressa em mm H₂O), que corresponde à resistência que esta oferece à deformação.

Extensibilidade (L): abcissa à rutura (em mm) que corresponde à elasticidade da massa.

Relação de equilíbrio P/L: relação entre a tenacidade e a extensibilidade, que indica de forma numérica a configuração da curva.

2.7.1.4 Humidade

A humidade tem, em primeiro lugar um interesse tecnológico. Cada aplicação industrial do grãos ou das sêmolas vem definida por um conteúdo de humidade preciso que otimiza o processo. Para melhorar o seu comportamento tecnológico na moagem, o grão é previamente acondicionado aumentando uniformemente a sua humidade até chegar a um valor ótimo, compreendido entre 14 e 17% (Callejo, 2002).

2.8 Importância da rega e da adubação na cultura do trigo

2.8.1 Rega

A erosão dos solos e a desertificação está a aumentar e a capacidade de retenção da água pelos solos está a diminuir tornando a água um fator limitante nestas áreas. Este fator pode comprometer a produção agrícola (Silva, 2016).

Para se poder otimizar a água de rega é fundamental ter em consideração vários parâmetros tais como, o ciclo da cultura e a influência do déficit de água nos vários estádios fenológicos da cultura, conhecimento da capacidade de armazenamento de água dos solos, informação agrometeorológica, sistemas

de monitorização da disponibilidade de água no solo e sistemas de rega eficientes (Boteta, 2014).

Atualmente é possível monitorizar, com algum grau de precisão e em tempo real, a evolução da disponibilidade de água para a cultura bem como as camadas de solo onde o sistema radicular está a fazer a extração de água, permitindo ultrapassar uma das dificuldades da gestão adequada da rega que é determinar o momento e a quantidade de água que deverá ser aplicada.

Tendo em consideração a importância atual da gestão da água na agricultura nacional, o COTR (Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio) pode fornecer informação sobre as necessidades em água e sobre a instalação e interpretação de resultados de equipamentos de monitorização para apoio à gestão da rega. De acordo com a experiência do COTR quer na aplicação quer na receitividade por parte dos agricultores, os sistemas de monitorização devem ser de registo contínuo, ou seja, com um sistema de aquisição, armazenamento e transmissão de dados para um servidor que possibilite a visualização *online* a partir de uma ligação de internet. Os equipamentos mais comuns são sondas tipo capacitivas que são colocadas em tubos de acesso enterrados no solo, onde monitorizam a evolução da humidade a vários níveis de profundidade de acordo com a interação solo e sistema radicular da cultura e sondas tipo *Watermark* (Boteta, 2014).

2.8.2 Adubação

A qualidade do trigo mole para panificação está intimamente associada à fertilização azotada, uma vez que a maior parte das análises de avaliação tecnológica tem na proteína do grão a característica fundamental (Patanita *et al*, 2018).

Entre todos os nutrientes, o azoto é o que apresenta maiores interações com o ambiente, devido às inúmeras reações que ocorrem no solo, nas quais está sujeito a diversos processos de perdas. Estas perdas podem ocorrer por lixiviação (NO_3), desnitrificação (NO , N_2O e N_2) e volatilização (NH_3) (Freitas, 2017).

Novas tecnologias têm sido desenvolvidas, como objetivo de aumentar a eficiência do uso de azoto na agricultura, como fertilizantes azotados de baixa solubilidade, de liberação lenta ou controlada, ou estabilizados com inibidores capazes de minimizar as perdas de N para o ambiente. Estes são classificados como “Fertilizantes de Eficiência Aumentada” (Hall, 2005) e podem ser divididos em três categorias: estabilizados, de liberação controlada e de liberação lenta (Shaviv, 2005; Trenkel, 2010).

Os fertilizantes estabilizados são aqueles em que é adicionado algum aditivo capaz de inibir a transformação do azoto em alguma forma não desejável. Os de liberação controlada são fertilizantes solúveis convencionais rapidamente disponibilizados para o solo, como a ureia, que são revestidos ou encapsulados por materiais orgânicos ou inorgânicos capazes de controlar a liberação do azoto. Já os fertilizantes de liberação lenta são definidos como aqueles que, após a sua aplicação, são capazes de retardar a disponibilidade de absorção e uso do nutriente pelas plantas, ou que consigam estender sua disponibilidade à planta por mais tempo do que os convencionais (Freitas, 2017).

O termo “fertilizante de liberação controlada” deve ser utilizado quando se conhece o padrão, a taxa e a duração da liberação do nutriente, sendo possível controlar essas variáveis durante o fabrico do fertilizante (Shaviv, 2005). Já para os “fertilizantes de liberação lenta”, não há conhecimento desses parâmetros, eles são influenciados pelo solo e pelas condições climáticas, não podendo ser previstos no tempo, eles apenas liberam o nutriente em ritmo mais lento do que um fertilizante de referência de liberação imediata, como a ureia (Shaviv, 2005).

Na Figura 14 podemos observar a repartição de azoto em dois adubos, adubo convencional e adubo de liberação lenta.

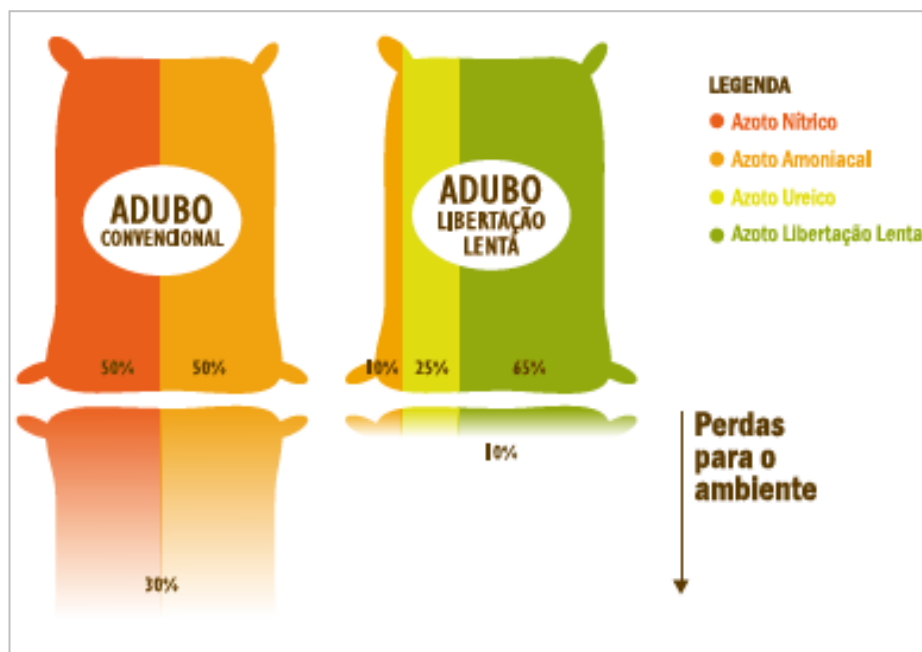


Figura 14. Repartição de azoto em dois adubos (fonte: www.bosk.atlanlusi.com).

Segundo Shaviv, os fertilizantes estabilizados podem ser divididos em duas classes: inibidores da nitrificação (substância que inibe a oxidação biológica do nitrogénio de amónio a nitrato) e inibidores da urease (substância que inibe a atividade da enzima urease, retardando o processo de hidrólise da ureia, em condições de clima adverso, reduzindo a volatilização de amoníaco).

O desenvolvimento de fertilizantes azotados com estes aditivos é demorado e caro, pois eles apresentam características especiais como: não ter efeitos colaterais desfavoráveis na fertilidade do solo; não são tóxicos para o solo, plantas, animais e seres humanos; o processo de registro é demorado; enquadram-se nos sistemas de produção dos produtores por serem ambientalmente corretos; mas podem até ser economicamente viáveis por diminuir as perdas (Trenkel, 2010).

Na Figura 15 é feita uma comparação do total de azoto libertado por um adubo convencional e por um adubo de liberação controlada, e pode-se observar um maior risco para as plantas quando usado um adubo convencional.

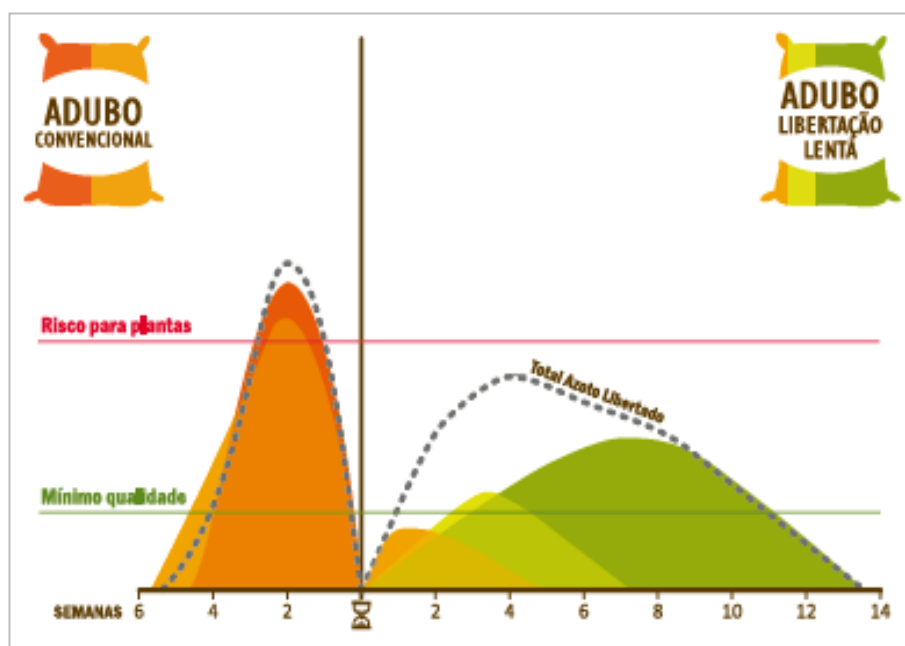


Figura 15. Curvas de liberação do azoto (Fonte: www.bosk.atlanlusi.com).

Os inibidores da nitrificação bloqueiam a ação de bactérias do género *Nitrosomonas* na oxidação do NH_4^+ a NO_3^- , com o objetivo de manter o N na forma amoniacal por mais tempo e, assim, reduzir perdas por desnitrificação e por lixiviação de nitrato (Cantarella & Montezano, 2010).

Os principais objetivos destes fertilizantes são: diminuir as perdas de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera e melhor disponibilizá-los, de forma ajustada, às necessidades das plantas. Sendo assim, eles podem aumentar a eficiência do uso de N pelas plantas e minimizar impactos ambientais causados pela adubação convencional, reduzindo, por exemplo, a lixiviação dos nitratos para as camadas mais profundas do solo, evitando que este atinja os lençóis freáticos e contamine a água, e diminuindo a emissão de gases causadores do efeito estufa para a atmosfera, como dióxido de carbono e óxido nitroso. Fertilizantes deste género podem ser caros, mas também podem contribuir para aumentar a produtividade devido a um maior aproveitamento de N. Sendo assim, deve-se escolher um adubo que tenha a melhor relação custo/benefício (Freitas, 2017).

3. Material e Métodos

3.1. Localização do ensaio

O ensaio de campo (Figura 16) realizou-se nos campos experimentais da Estação Nacional de Melhoramento de Plantas (ENMP), INIAV, em Elvas, que se situa a uma altitude media acima do nível do mar de 218 m e a 38°53' 19.54" N e 7°08' 39.02"O.



Figura 16. Localização dos ensaios durante o ano agrícola 2017/18.

3.2 Caracterização do solo do local do ensaio

O solo da EMP pertence ao grupo de solos denominados “Solos Pardos Mediterrâneos de Quartzodioritos (Pmg)”, que segundo a classificação da FAO (2006), se enquadram nos Luviosolos. Estes solos apresentam na sua camada superficial (0-45 cm) cor castanha, com baixa percentagem de pedras incorporadas. Apresentam uma estrutura mal definida, medianamente compacta e medianamente porosa de fácil penetração pelo sistema radicular. Nas camadas mais profundas (45-85cm), apresentam uma cor idêntica à anterior, com uma estrutura mais compacta e menos porosa que no perfil mais superficial. São solos com um pH superior a 7,0 e com uma elevada

percentagem de carbonatos livres que aumentam com a profundidade. Estes solos têm uma drenagem regular tanto a nível interno como externo.

3.3 Caracterização do clima do local do ensaio

3.3.1 Dados climáticos de Elvas referentes ao período 1981/2010 e ao ano agrícola 2017/2018

A zona de Elvas é caracterizada por ter um clima do tipo Mediterrânico representado pela sua aridez, com uma baixa e irregular precipitação o que origina secas frequentes que dificultam as produções vegetais. Os invernos são húmidos, temperados ou frios e os verões variam entre quentes e muitos quentes e secos. A precipitação apresenta grandes variações quer intra quer inter-anuais, variando entre 300 e 800 mm anualmente e pode concentra-se essencialmente no Inverno (Silva, 2016). Segundo Köppen e Geiger, o clima é caracterizado como Csa: clima temperado húmido com Verão seco e quente.

Como foi referido no Capítulo 2, o clima que predomina na região de Elvas é o clima Mediterrânico, caracterizado por verões quentes e secos e por invernos chuvosos com temperaturas moderadas.

As chuvas vão de meados de outono até princípios da primavera, e como os invernos não são muito frios é possível o desenvolvimento da maior parte das culturas neste período; a primavera é muito curta e excessivamente irregular quanto a chuvas. No verão regista-se sempre deficiência de água para as culturas. O período de ocorrência de geadas é excecionalmente longo e o número de horas de sol descoberto é elevado (Coco, 2013).

De acordo com dados da ENMP referentes ao período 1981-2010 para Elvas, pode verificar-se que a temperatura média anual é de 17 °C, sendo o mês de Julho o mais quente com uma temperatura máxima média de 33,1 °C e o mês de Janeiro o mais frio com uma temperatura mínima média de 3,7 °C. Nos meses de Março a Junho, período em que ocorre o enchimento do grão, a temperatura máxima média está acima dos 18 °C (Figura 17).

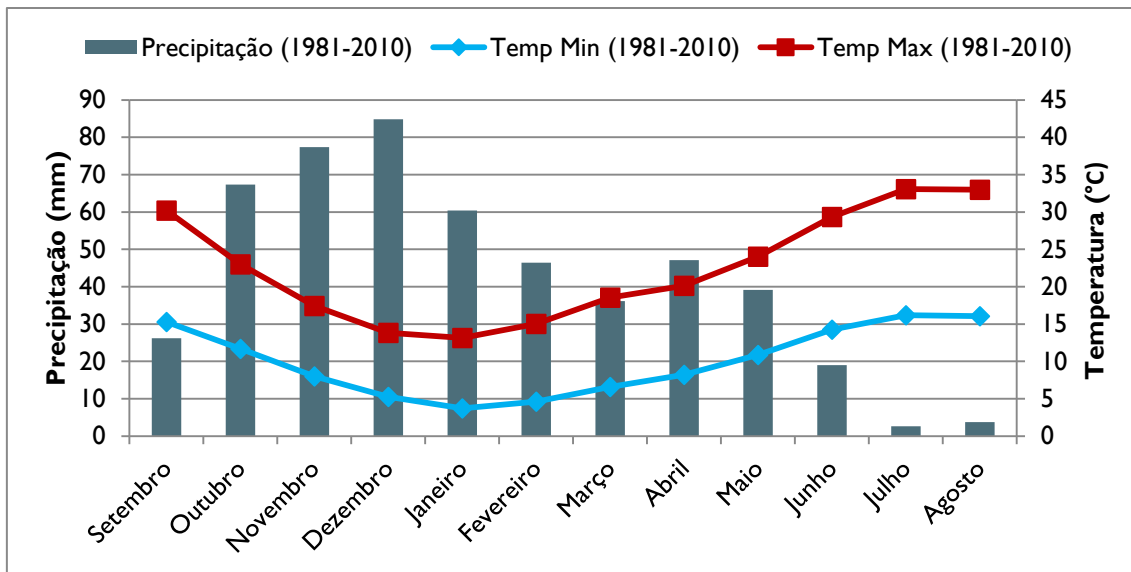


Figura 17. Dados climáticos referentes à região de Elvas (médias dos últimos 30 anos).

Os meses em que ocorre maior precipitação são os meses de Novembro e Dezembro (77,4 mm e 84,8 mm respetivamente) e os meses de Julho e Agosto os meses com menor precipitação (2,7 mm e 3,8 mm respetivamente).

3.4. Material vegetal

A variedade em estudo é um trigo mole, Antequera como já referido na revisão bibliográfica. Este trigo teve origem em Espanha e é um trigo melhorador de alta qualidade para panificação. Apresenta um peso dos grãos e peso específico elevados e é um trigo de ciclo curto de primavera. Algumas características desta variedade:

- tamanho médio, com resistência à acama;
- capacidade de afilamento média a alta;
- alguma tolerância à ferrugem amarela;
- morfologia da planta: porte ereto no fim do afilamento e altura média;
- morfologia da espiga: presença de barbas (Fonte: GENVCE, 2011).

3.5 Delineamento experimental

O desenho experimental é um split-plot em que a parcela principal corresponde ao fator rega, com dois níveis: sequeiro e regadio, cada uma com 8 níveis de fertilização azotada (A1 a A8 que constituem sub-parcela e estão explicados em 3.8) distribuídos por 3 repetições casualizadas. De cada lado das parcelas existe uma bordadura feita com trigo mole da variedade Paiva. Cada talhão tem uma área de 9,6 m² (1,2m x 8m) e a divisão entre as repetições tem uma largura de 2 m. A primeira repetição está por ordem numérica de tratamento A1 a A8; a segunda e a terceira repetições estão casualizadas conforme esquema da Figura 18.



Figura 18 Desenho experimental do ensaio durante o ano 2017/2018.

3.6 Técnicas culturais

A preparação do solo compreende um conjunto de técnicas que, se usadas corretamente contribuem para a produtividade da cultura. Para a preparação do solo foi utilizada uma grade de discos e um rototerra. A densidade de sementeira foi de 350 grãos viáveis por m², sendo calculado primeiro o peso de 1000 grãos e atribuindo uma percentagem de plantas germinadas de 95%. A sementeira e a adubação de fundo foram feitas no mesmo dia; para a sementeira foi utilizado um semeador de 6 linhas da marca *Wintersteiger*. Todos os dados recolhidos, datas e operações realizadas ao longo do ciclo vegetativo da cultura estão descritas na Tabela 3. Quanto á rega, os ensaios foram divididos em dois tratamentos; um em sequeiro e outro em regadio com

rega a 100% de Etc nos estadios críticos, sendo a rega efetuada com aspersores fixos.

Tabela 3. Dados gerais e técnicas culturais realizadas no ensaio em estudo.

Dados gerais	2017/2018
Data de sementeira	03-01-2018
Densidade de sementeira (grãos/m ²)	350
Fertilização (kg/ha)	
N	180
P ₂ O ₅	90
K ₂ O	45
Adubação de fundo	03-01-2018
Emergência	15-01-2018
Herbicida pré-emergência	Trigonil* (3L/ha)
Herbicida pós-emergência	Hússar*+ Genapol
Precipitação durante o ciclo (mm)	461,2
Média da T ^a máxima durante o ciclo (°C)	21,7
Média da T ^a mínima durante o ciclo (°C)	8,9
T ^a média durante o ciclo (°C)	15,3
Data de regas complementares	4,7,10,14,18 de Maio de 2018
Data de colheita	05-07-2018

*Nome comercial do produto

3.7 Monitorização da humidade do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento

Para realizar a monitorização da humidade do solo foram colocadas 12 sondas *Watermark* (Figura 19) e uma capacitiva. As 12 sondas *Watermark* foram distribuídas 2 por cada tratamento A2, sendo uma colocada a 30 cm e a outra a 60 cm de profundidade. Antes de serem colocadas no solo, as sondas foram submersas em água até atingirem valores de capacidade de campo, que se situam entre 0 e 20 cb. Antes de serem inseridas no solo foram abertos buracos a 30 e a 60cm de profundidade com ajuda de um furador.



Figura 19 Preparação e instalação das sondas Watermark.

Foi também instalada uma sonda capacitiva de registo contínuo colocada num tubo de acesso e enterrado no solo, instalada pelo COTR. Esta sonda foi colocada a 80 cm de profundidade e possui vários sensores que fazem leituras de 10 em 10cm de profundidade e transmite os dados recolhidos através de um servidor que permite que os dados sejam visualizados *online*. Este tipo de sonda permite saber a disponibilidade e capacidade de armazenamento de água pelo solo, informação agrometeorológica e a evolução da humidade a vários níveis de profundidade do solo (Boteta, 2014).

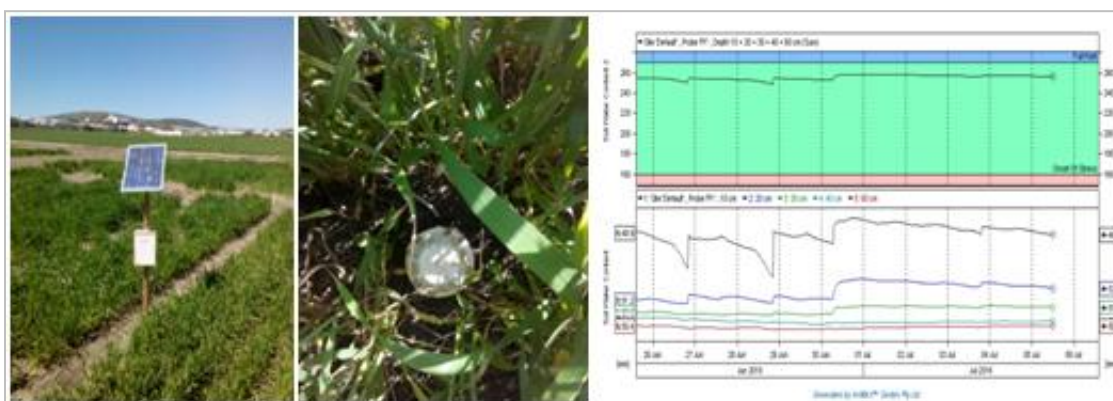


Figura 20 Sonda capacitiva de registo contínuo e sua informação gráfica via *online*.

3.8 Fracionamento do azoto

Foram testados 8 níveis de fertilização azotada, todos com 180 kg N/ha (Tabela 4). Estes níveis foram distribuídos da seguinte forma: A1 e A2 – fertilizante clássico, Foskamónio 12-24-12; A3 e A4 – fertilizante de libertação

lenta, Entec 20-10-10; A5 e A6 – fertilizante de liberação controlada, Nergetic 20-8-10; A7 e A8 – fertilização com inibidor de nitrificação, Duramon 20-5-5.

Tabela 4. Níveis de fertilização azotada em estudo, com 180 kg N/ha.

Tratamento	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrach.	Total	Adubos
A1	45	90		45	180	Foskamónio 12-24-12
A2	45	45	45	45	180	
A3	180				180	Entec 20-10-10
A4	90			90	180	
A5	180				180	Nergetic 20-8-10
A6	90			90	180	
A7	180				180	Duramon 20-5-5
A8	90			90	180	
---	---	Ureia 46% + Nitroamoniacal 27%			---	---

Na Figura 21 estão as amostras dos adubos utilizados.



Figura 21. Amostra dos adubos utilizados.

Os adubos foram pesados numa balança e de seguida colocados em sacos de plástico identificados com o número do tratamento (A1 a A8). Depois de preparados, os adubos foram distribuídos uniformemente pelas parcelas correspondentes.

3.9 Observações efetuadas

Em cada parcela foram observados e analisados caracteres fenológicos, morfológicos, agronômicos e relacionados com a qualidade tecnológica do grão.

3.9.1 Caracteres fenológicos e morfológicos

Em cada parcela experimental foram feitas as seguintes observações:

- **Espigamento:** corresponde ao número de dias contados deste 1 de março até aparecer a primeira espiga segundo (<http://cropontology.org>).
- **Ântese:** ocorre entre 3 e 5 dias após a data de espigamento.
- **Maduração fisiológica:** corresponde ao número de dias contados desde 1 de março até a data em que o grão se encontra completamente duro, segundo (<http://cropontology.org>).
- **Período de enchimento do grão:** equivale ao número de dias que vão desde cinco dias depois da data da ântese até a data da maduração fisiológica.
- **População potencial:** corresponde ao número de plantas emergidas + número de colmos.
- **Taxa de sobrevivência:** Foi calculada a partir do número de colmos e do número de espigas por metro quadrado, por variedade e por modalidade de fertilização (A1 a A8).
- **Taxa de afilhamento:** Foi calculada a partir do número de colmos e do número de plantas emergidas por metro quadrado, por variedade e por modalidade de fertilização (A1 a A8).
- **Altura das plantas:** para esta determinação, considerou-se a distância entre o solo e a extremidade da espiga do colmo principal, sem contar com as aristas (Pinheiro, 2017).

3.9.2 Produção, nº de grãos/m², massa do hectolitro e peso de mil grãos

Para determinar a produção de grão, este é pesado após a debulha da área total de cada talhão (9,6m²) e os valores da produção calculam-se da seguinte forma:

$$\text{Produção de grão (kg/ha)} = \text{Peso do grão do talhão (kg)} \times \frac{10\,000\,m^2}{9,6\,m^2}$$

- **Massa do hectolitro** equivale ao peso específico do grão e é expressa em kg/hl. Determinou-se através do peso de um volume de grão, recorrendo a um citómetro manual.
- **Peso de 1000 grãos (PMG)**, foi utilizado um contador de grãos fotoelétrico da marca Pfeuffer e de seguida a amostra de 1000 grãos foi pesada numa balança de precisão, Mettler PM400 e os valores foram expressos em gramas.
- **Nº de grãos/m²**: calculado tendo em consideração a produção de grão e o peso de 1000 grãos, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Grãos/m}^2 = \frac{\text{Prod (kg/ha)}}{\text{PMG (g)}} \times 100$$

3.9.3 Qualidade tecnológica do grão

- **Preparação das amostras**: as amostras foram limpas e de seguida foi pesado 1kg numa balança de precisão e colocado num recipiente de plástico. Foi adicionada água de acordo com a humidade da amostra e tendo em conta valores tabelados. De seguida estas amostras foram postas numa rotadora cerca de 30min para envolver o grão com a água adicionada. Após um dia as amostras foram introduzidas num moinho através do qual se obteve a farinha que foi utilizada nas determinações de proteína, humidade e alveográficas. Desta farinha foi extraída uma

amostra de 260g; 250 g para determinações alveográficas e 10g para determinar a percentagem de humidade.

- **Proteína:** a quantificação da proteína das amostras foi realizada pelo NIR. Utilizou-se o aparelho Inframatic 8620, previamente calibrado.
- **Alveógrafo:** foi utilizado o alveógrafo Chopin (Group Tripette & Renaud, França). A farinha (50g), foi hidratada com uma solução de cloreto de sódio a 2,5% em função da sua humidade, e foi amassada durante 8 minutos. Foi efetuada a extração de 2 discos que após 20 minutos foram testados. Registou-se a formação do balão por “insuflação” de ar a caudal constante (96l/h) até à rutura do mesmo.
- **Percentagem de humidade:** a humidade do grão e da farinha foi determinada de acordo com a norma ISO 712.2009.

3.9.4 Tratamento estatístico

Para o tratamento estatístico dos dados deste trabalho utilizou-se o programa estatístico SPSS- versão 17.0. Para o tratamento das médias utilizou-se o Teste Tukey's com uma diferença mínima significativa de $P \leq 0.05$. Calcularam-se os coeficientes de variação de cada análise, com o objetivo de avaliar o grau de precisão dos resultados obtidos. Elaboraram-se também as análises de variância para cada parâmetro estudado.

4. Resultados e Discussão

4.1 Condições climáticas

As limitações ao crescimento dos cereais nos ambientes tipicamente mediterrânicos são várias, constituindo a irregular distribuição das chuvas o principal fator limitante (Nawad *et al.*, 2011). Portugal situado no extremo mais ocidental da Península Ibérica (Latitudes 37° a 42° N e Longitudes 9° a 6° O), é caracterizado pela existência de uma grande variabilidade espaço-temporal da precipitação. O Alentejo, situando-se em torno do paralelo 30° N, com altitude que só na serra de S. Mamede ultrapassa os 1000m, é uma região de marcada influência mediterrânica. Na Tabela 5, apresenta-se a media da precipitação nos decêndios compreendidos entre 1931 e 1991 (Maçãs, 1996), que evidência a enorme irregularidade da precipitação de Outono, Inverno, primavera e Verão no Alentejo.

Tabela 5. Média da precipitação nos decêndios compreendidos entre 1931 e 1991 (Maçãs, 1996).

Decendio	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total
1931/40	168,2	277,1	190,7	24,1	660,1
1941/50	143,5	227,0	199,4	21,4	591,2
1951/60	168,9	233,3	192,3	23,4	617,9
1961/70	201,6	290,0	168,9	36,8	697,3
1971/80	137,5	252,7	141,5	28,4	560,1
1981/90	198,6	234,5	139,3	28,9	601,3

Estudos efetuados por Seif e Pederson (1978), na Austrália, associaram o 86% da variação do rendimento do trigo à irregularidade da precipitação de primavera (três semanas antes e depois da ântese). Comprovaram também que outros fatores climáticos e edáficos têm uma contribuição em menor escala nessa variação da produção.

Outro parâmetro ambiental com grande influência nas variações do rendimento é, a ocorrência de baixas e altas temperaturas ao longo do ciclo vegetativo da cultura. O crescimento do trigo pode ficar limitado pela subida brusca da temperatura (acima dos 30°C), uma vez que, a respiração aumenta e as taxas de assimilação podem chegar a valores que não compensam as perdas por respiração (Almeida, 2007). Se a radiação, os nutrientes e a água não forem administrados a uma taxa crescente com o aumento da temperatura, o desenvolvimento do trigo e consequentemente a produção final pode ficar afetada (Maçãs, 1996).

Na Figura 22, mostram-se os valores da precipitação diária e das temperaturas máximas e mínimas diárias ao longo de todo o ciclo cultural (2017/18), obtidos pela Estação meteorológica do INIAV-Elvas. Incluem-se também nesta figura os valores referentes às regas suplementares efetuadas no ensaio de regadio quando foram necessárias.

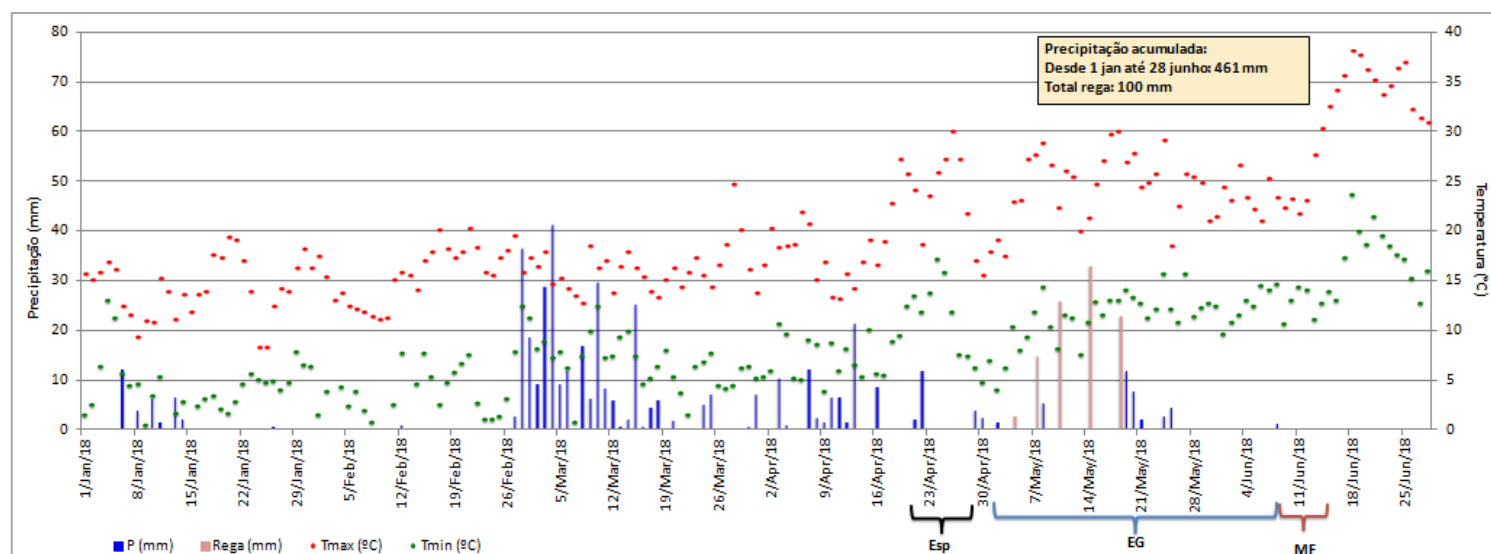


Figura 22. Temperaturas máximas e mínimas diárias registadas ao longo do ciclo vegetativo, precipitação e regas suplementares efetuadas no ensaio de regadio.

Observa-se que o ano agrícola decorreu de uma forma normal no que diz respeito às temperaturas registadas, tendo havido uma subida das temperaturas máximas para valores cerca do 30 °C quase no fim do mês de abril (Figura 22). Quanto ao comportamento da precipitação, houve um período entre meados de janeiro a finais de fevereiro em que se verificou uma ausência total de precipitação que provavelmente não influenciou o desenvolvimento vegetativo do trigo. Os meses de março e Abril foram bastante chuvosos como

se pode observar na Figura 22, tendo contribuído para um correto desenvolvimento vegetativo, ajudando na eficiência da utilização dos adubos aplicados por parte da variedade “Antequera”.

Durante o enchimento do grão verificou-se uma redução dos valores de precipitação, mas, com a ajuda do sistema de rega com aspersores na parcela de regadio, a água aplicada nesse período contribuiu, como se verá mais à frente, para as diferenças em alguns dos parâmetros avaliados nos dois ensaios.

4.2 Monitorização da humidade do solo

As sondas capacitativas permitem como auxiliares de rega a monitorização da humidade do solo ao longo do seu perfil, auxiliando assim a condução do ponto de vista da rega da cultura.

O resultado expresso na Figura 23, mostra que na parcela de regadio, desde a fase do espigamento até ao final do ciclo (maturação fisiológica) a variedade “Antequera”, esteve sempre em conforto hídrico, apenas registando-se um ligeiro decréscimo da humidade do solo no final de Abril, princípios de maio, a qual foi rapidamente restituída, com a precipitação ocorrida e as regas suplementares que se efetuaram (Figura 23).

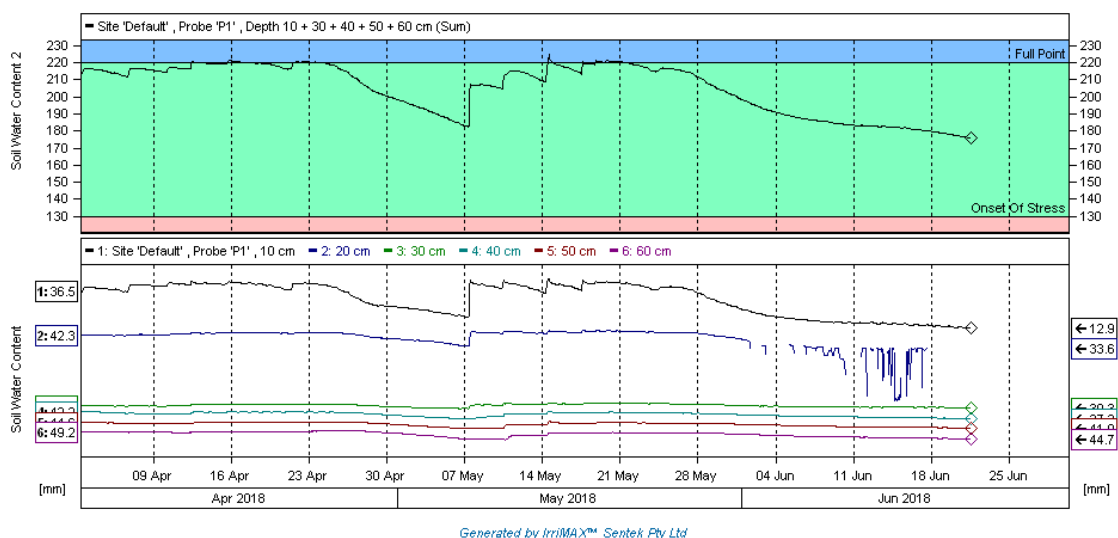


Figura 23 Leitura gráfica da sonda capacitiva instalada no ensaio de regadio.

Nas parcelas de sequeiro e de regadio, instalaram-se também como se referiu no Material e Métodos sondas *Watermark*, as quais serviram também como auxiliares na avaliação e determinação dos teores de humidade do solo em ambos ensaios. Estas sondas colocadas a 30 e a 60 cm respetivamente forneceram os registos que se apresentam nas Figuras 24 e 25. Os resultados das leituras expressam-se em Centibares, isto é, a força de extração necessária para que as raízes possam retirar a água do solo.

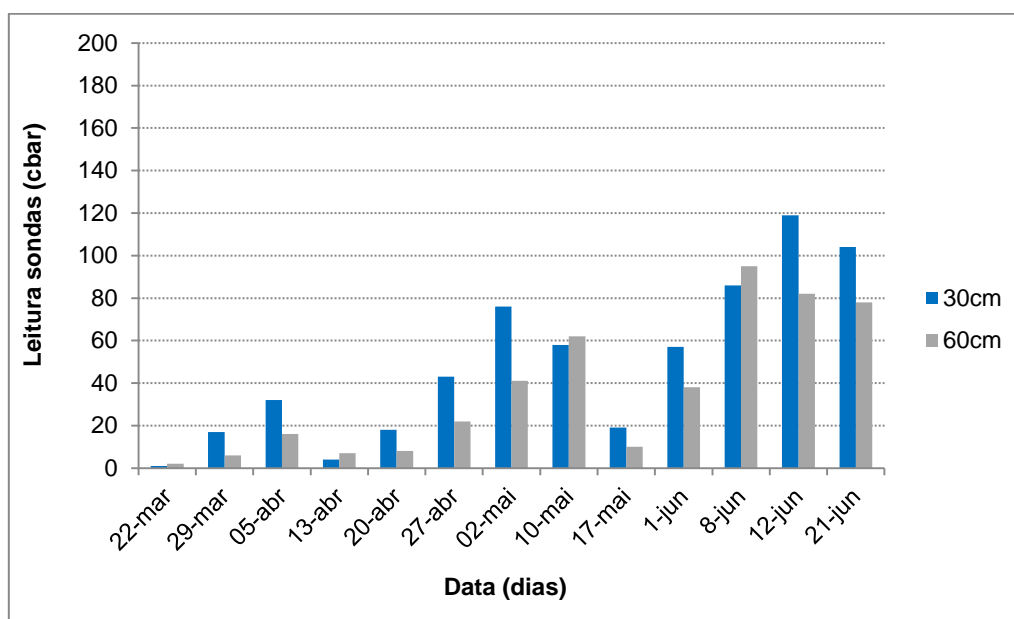


Figura 24 Leituras efetuadas nas sondas *Watermark* na parcela de regadio a 30 e a 60 cm de profundidade.

Nos talhões regados o as leituras das sondas nas duas profundidades, corroboram em certa medida os valores apresentados no gráfico da sonda capacitativa. Ao longo da fase final do ciclo vegetativo, talvez a fase mais crítica quanto às necessidades hídricas do trigo, verificou-se que as plantas estiveram sempre com água disponível, verificando-se o efeito das regas suplementares durante os primeiros dias de Maio, como se vê nas leituras registadas no dia 17 desse mês em que os teores de água no solo estavam quase na capacidade de campo (Figura 24).

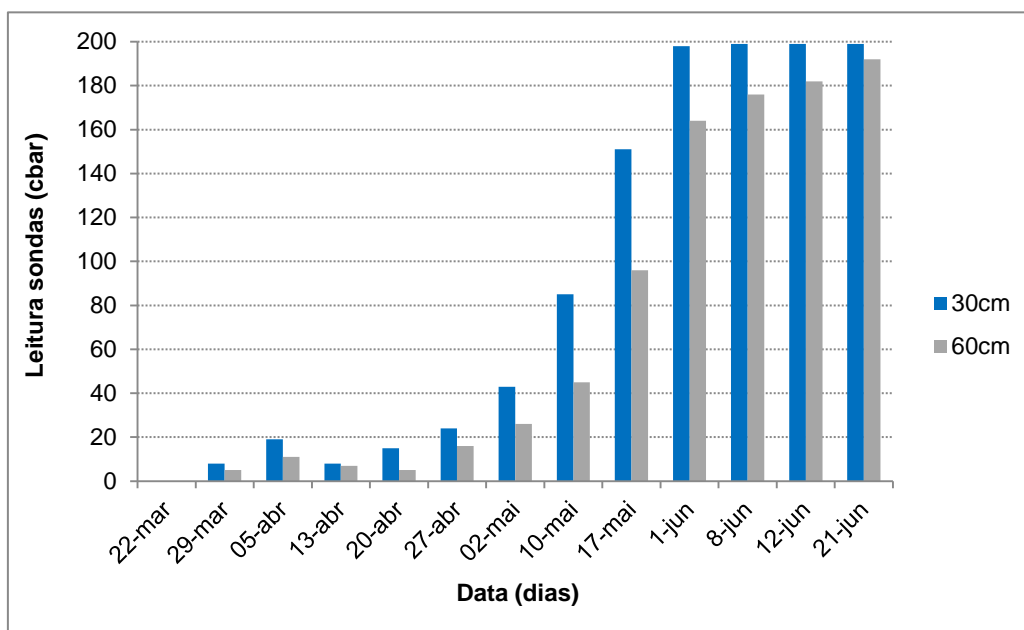


Figura 25 Resultados das leituras efetuadas nas sondas *Watermark* na parcela de sequeiro instaladas a 30 e a 60 cm de profundidade.

Contrariamente os registos das sondas na parcela de sequeiro foram completamente diferentes como se pode observar na Figura 25. A partir de meados do mês de Maio os teores de humidade no solo a ambas profundidades já era de tal forma baixo, isto é, a força de sucção para que a planta pudesse extrair essa água do solo era tão elevada que a planta já se encontrava em *stress* hídrico. Este aspeto contribui como se verá mais á frente para algumas das diferenças verificadas entre os dois ensaios.

4.3 Fenologia

A longitude do ciclo vegetativo é uma característica de grande relevância no momento de avaliar a adaptação uma determinada variedade a diferentes regiões, determinando a sua produção em condições normais (Slafer e Araus, 1998). Esta razão é o motivo pelo qual a data do espigamento e a da maturação fisiológica, são atributos importantes a ter em consideração nos programas de melhoramento genético (Slafer, 2003). Em todos os programas de melhoramento em regiões de climatologia irregular, o objetivo fundamental é

encontrar variedades cuja data de espigamento coincida com um período considerado “ótimo”, isto é, o período no qual não haja a possibilidade de ocorrência de geadas tardias, nem que seja o suficientemente tardia para a ocorrência de choques térmicos, o que para a região considerada deverá acontecer até a segunda semana de abril (Maçãs, 1996).

A variedade em estudo “Antequera”, com um hábito de crescimento tipo primavera com ciclo contínuo sem necessidade de fotoperíodo e vernalização, teve um ligeiro atraso na data de sementeira em ambos ensaios (03/01/2017). Observou-se um atraso de 4 a 5 dias na data de espigamento do ensaio de sequeiro, provavelmente devido a um ataque por coelhos, no início do ciclo, em quase todas as parcelas, o que terá contribuído para estas diferenças no comportamento da variedade.

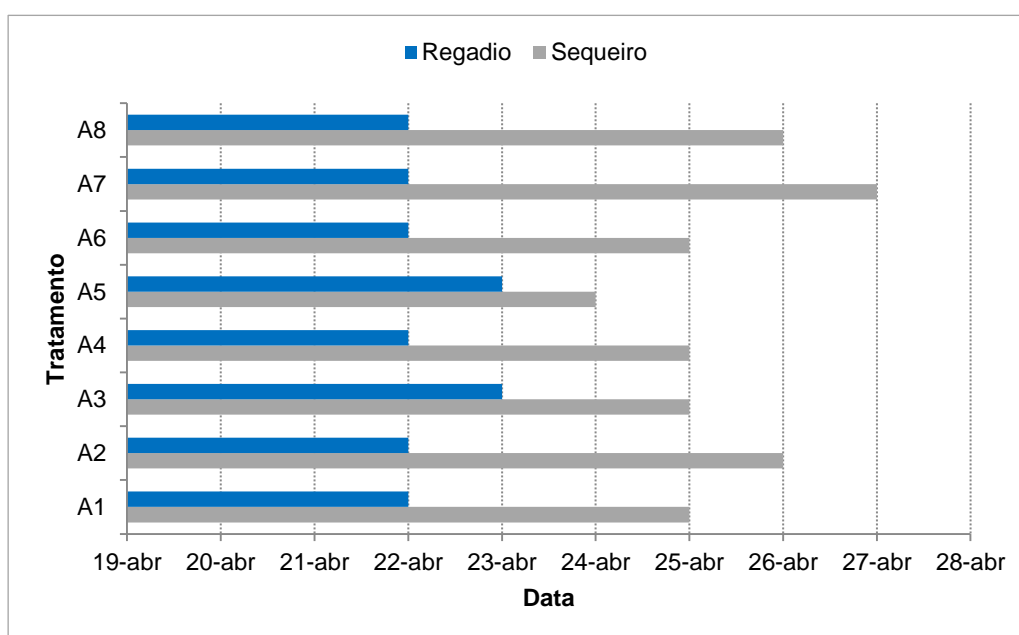


Figura 26 Datas de espigamento da variedade “Antequera” nas duas condições hídricas estudadas e em cada uma das modalidades de fertilização.

Relativamente à data de maturação, verificou-se um ligeiro prolongamento (em média 5 a 6 dias), novamente no ensaio de sequeiro (Figura 27), talvez devido também ao maior número de dias ao espigamento (Figura 26). A modalidade de fertilização que apresentou uma maturação fisiológica mais curta foi o A5 (8 de Junho) no ensaio regado, já no ensaio de sequeiro foi esta modalidade

juntamente com o A2, A4 e A8 aquelas que terminaram o ciclo mais tarde (14 Junho).

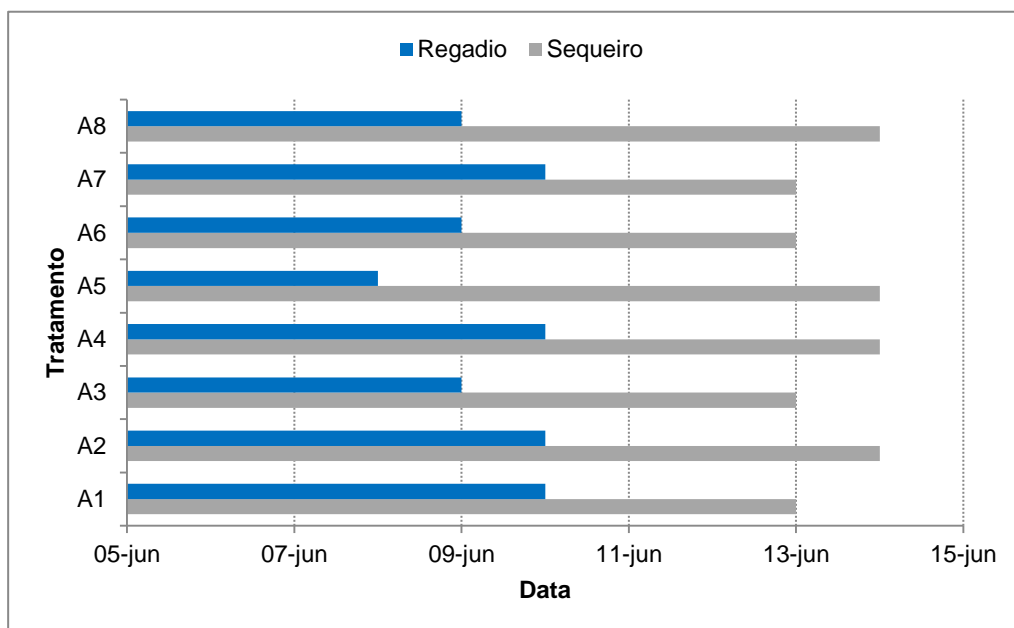


Figura 27 Datas de maturação fisiológica da variedade "Antequera" nas duas condições hídricas estudadas e em cada uma das modalidades de fertilização.

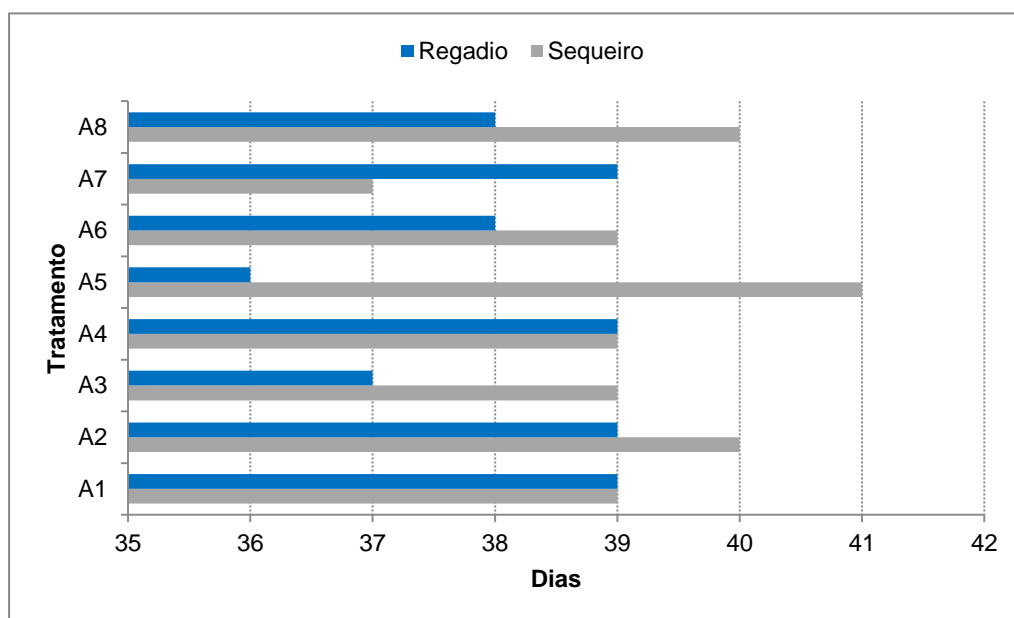


Figura 28 Número de dias de enchimento do grão verificados nas duas condições hídricas e em cada uma das modalidades de fertilização.

O período do enchimento do grão (Figura 28) é talvez a fase mais importante e que define a produção final de uma determinada variedade de trigo. É no

transcurso deste período que se forma o último componente que define o rendimento final, o peso do grão.

A variedade “Antequera” apresentou no decorrer do ano agrícola e em função das diferentes modalidades de fertilização estudadas nas duas situações culturais dos ensaios, um período de enchimento do grão que variou entre os 36 e os 41 dias. Estas variações no período de enchimento do grão são o resultado das diferenças verificadas entre as datas de espigamento e as datas de maturação fisiológica da variedade “Antequera” nas diferentes modalidades de fertilização estudadas.

4.4 Altura da Planta

A altura da planta é um parâmetro associado ao rendimento do trigo, já que colmos excessivamente altos podem contribuir para a acama da planta, condicionando assim a sua produção e limitam também as quantidades de adubos azotados que podem ser aplicadas (Araus *et al.*, 2008). Atualmente os trigos modernos, a sua estatura é regulada pela presença dos genes Rht, sendo as suas alturas compreendidas entre os 70 e os 100 cm (Richards & Passioura, 1992).

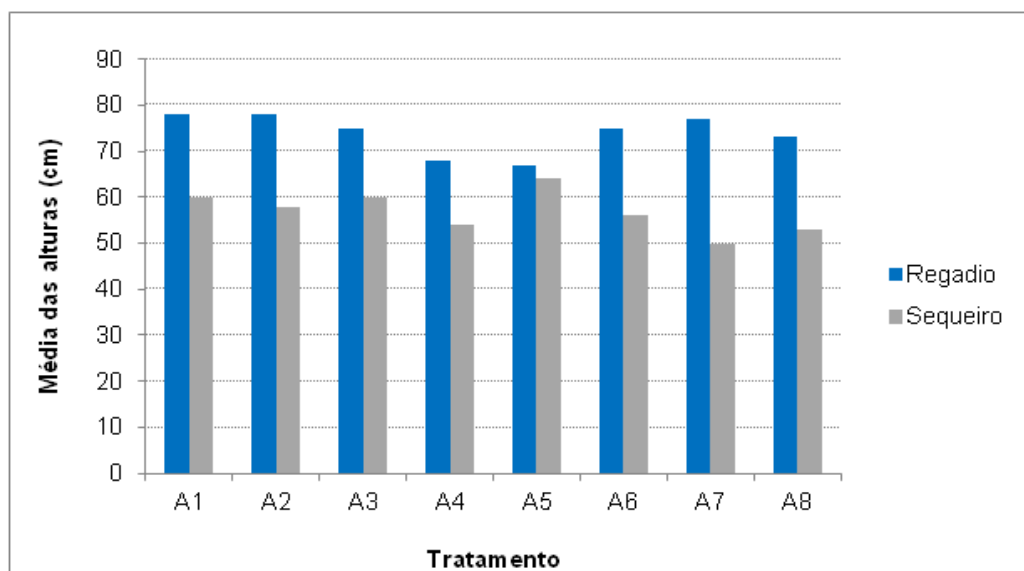


Figura 29 Valores relativos à altura da variedade “Antequera” nas duas condições hídricas e em cada uma das modalidades de fertilização.

Relativamente à variedade estudada, o “Antequera”, apresentou valores de altura compreendidos entre os 50 e os 79 cm de altura (Figura 29). Os valores mais elevados registaram-se no ensaio de regadio, sendo que no ensaio de sequeiro os problemas relacionados com o ataque por parte dos coelhos condicionaram em grande medida os valores relativos à altura das plantas neste ensaio.

Para a determinação deste parâmetro morfofisiológico utilizou-se um aparelho denominado Herbómetro como se pode observar na Figura 31. Este aparelho apresenta um prato que se coloca sobre as plantas e as leituras são efetuadas através de uma régua colocada num eixo vertical perpendicular a esse prato.



Figura 30 Aparelho utilizado para determinação das alturas das plantas (Herbómetro).

4.5 Dados Agronómicos e de Qualidade

A produção como se referiu anteriormente é o resultado da conjugação de um número de componentes que ao longo do ciclo de desenvolvimento vegetativo do trigo se vão formando dando origem ao rendimento final de grão de determinada variedade. Do ponto de vista do agricultor é talvez o fator mais importante a ter em consideração, uma vez que, desta produção depende o resultado final de uma conta de cultura que terá que ser paga com este

rendimento, sobrando se possível o rendimento líquida que o agricultor deseja. Do ponto de vista do melhorador o potencial genético de produção, a interação entre o genótipo x ambiente, como o aspeto tecnológico é os fatores a ter em consideração ao longo de tantos anos de trabalho até à obtenção da nova variedade. Para o industrial da panificação todos os parâmetros tecnológicos que garantam o melhor produto e a melhor qualidade, de forma a garantir a aceitação por parte do consumidor final são os aspetos primordiais a ter em consideração.

Dos parâmetros estudados ao longo do ano agrícola 2017/18 no ensaio INTERAtrigo, apresentam-se nas Tabelas 6 e 7, os valores médios para cada um deles em cada uma das modalidades de fertilização estudadas nos ensaios de regadio e de sequeiro. Apresentam-se também os respetivos coeficientes de variação para cada um desses parâmetros.

Relativamente às plantas emergidas verifica-se uma ligeira diferença entre os dois tipos de ensaio, sendo a média do ensaio de sequeiro ligeiramente superior ao ensaio de regadio. Após o afilhamento (colmos/m²), verificou-se um aumento do número de colmos no ensaio de regadio dando origem a uma taxa de afilhamento superior no ensaio de regadio (Tabela 6). Essa taxa de afilhamento superior conduziu a um aumento do número de espigas/m² altamente significativo entre os dois ensaios (Tabela 6), que juntamente com a diferença verificada no peso de 1000 grãos entre os ensaios contribui significativamente para as diferenças em média na produção final entre os dois ensaios (Tabela 6 e 7). Estes resultados estão de acordo com resultados obtidos por Royo *et al.*, 2007, que constataram que o aumento do número de grãos por unidade de superfície, fruto de um aumento do número de espigas/m², conduz inevitavelmente a um aumento nas produções do trigo (Tabelas 6 e 7).

Interessa referir também que os coeficientes de variação obtidos, são suficientemente baixos o que refletem algum grau de precisão dos resultados obtidos neste estudo (Tabelas 6 e 7). Nas Tabelas 8 e 9, podemos verificar que não houve nenhuma resposta significativa na interação rega x modalidade de fertilização, para os diferentes parâmetros estudados. Este aspeto reflete que a

utilização fracionada de diferentes tipos de fertilizantes azotados nos dois tipos de condução do trigo, não tiveram qualquer resposta significativa. Estes resultados carecem de uma profundidade maior ao nível da continuidade de experimentação, são dados referentes a um ano agrícola, estão muitos fatores interligados pelo que terão que ser observados como dados preliminares de um estudo que obriga a mais anos de investigação e experimentação.

Tabela 6. Valores médios obtidos para cada um dos parâmetros estudados no ensaio de regadio em função das diferentes modalidades de fertilização aplicadas, respetiva média geral e coeficientes de variação.

	Plantas Emergidas	Colmos/m ²	Espigas/m ²	Produção (kg/ha)	Grãos/m ²	PMG	Massa Hectolitro (Kg/hl)	Proteína	W	P/L
A1	237	803	405	5479	11178	49.20	82.86	13.20	284.80	1.17
A2	174	874	488	4931	9829	49.70	82.79	13.13	290.07	0.98
A3	199	821	419	4257	8900	47.87	81.36	13.03	279.60	1.24
A4	203	703	395	5375	11097	48.50	82.60	14.37	327.33	0.87
A5	219	827	405	4961	10076	49.33	82.57	13.10	281.73	1.02
A6	235	784	417	4598	9012	50.87	82.27	14.50	336.93	0.87
A7	249	877	394	4381	8876	49.27	81.60	13.30	262.67	1.04
A8	183	769	361	4999	9497	52.13	81.81	14.23	310.27	0.85
Média	212	807	410	4873	9808	49.61	82.23	13.61	296.67	1.00
CV	0.29	0.15	0.18	0.27	0.26	0.04	0.009	0.05	0.13	0.24

Tabela 7. Valores médios obtidos para cada um dos parâmetros estudados no ensaio de sequeiro em função das diferentes modalidades de fertilização aplicadas, respetiva média geral e coeficientes de variação.

	Plantas Emergidas	Colmos/m ²	Espigas/m ²	Produção (kg/ha)	Grãos/m ²	PMG	Massa Hectolitro (Kg/hl)	Proteína	W	P/L
A1	295	672	323	2152	4967	43.36	81.55	13.50	233.10	1.08
A2	277	711	333	2178	5008	42.17	81.97	12.83	229.33	1.15
A3	255	773	346	2276	5406	42.50	81.39	13.03	239.13	0.90
A4	233	639	335	2386	5897	40.13	81.87	14.00	276.20	0.83
A5	309	697	309	2651	6828	39.63	81.89	13.40	257.33	1.14
A6	295	679	293	2286	5860	39.17	81.29	14.40	289.13	0.81
A7	320	678	320	1590	4729	38.17	80.40	14.53	272.80	1.09
A8	285	653	311	2456	7263	43.10	80.84	14.40	291.87	0.91
Média	284	688	321	2247	5744	41.03	81.40	13.76	261.11	0.99
CV	0.23	0.15	0.16	0.39	0.35	0.07	0.01	0.06	0.13	0.23

Tabela 8. Resultado da Análise de Variância e Teste Tukey, para o tipo de rega, modalidades de fertilização e interação rega x fertilização para o nº de plantas emergidas, colmos por m², espigas por m², e taxas de sobrevivência e de afilhamento.

	Plantas emergidas	Sig. p≤0,05	Colmos /m ²	Sig. p≤0,05	Pop. potencial	Sig. p≤0,05	Espigas /m ²	Sig. p≤0,05	Taxa sobrev	Sig. p≤0,05	Taxa afilha	Sig. p≤0,05
Rega												
Sequeiro – R0	284	***	688	**	972	n.s.	321	***	0.47	n.s.	2.53	***
Regadio – R1	212		807		1023		410		0.51		4.02	
Fertilização		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.
A1	266	a	737	a	1003	a	364	a	0.50	a	3.01	a
A2	225	a	793	a	1031	a	411	a	0.52	a	3.56	a
A3	227	a	797	a	1025	a	382	a	0.48	a	3.89	a
A4	218	a	671	a	889	a	365	a	0.54	a	3.45	a
A5	264	a	762	a	1026	a	357	a	0.48	a	3.08	a
A6	265	a	732	a	996	a	355	a	0.48	a	2.89	a
A7	285	a	778	a	1062	a	357	a	0.46	a	3.03	a
A8	234	a	711	a	945	a	336	a	0.48	a	3.27	a
Rega x Fertilização		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.

Nas Tabelas 8 e 9, podemos observar que estatisticamente os valores médios obtidos em cada parâmetro e por modalidade de fertilização não apresentaram diferenças significativas entre cada um dos tratamentos efetuados, à exceção da proteína que apresentou diferenças significativas entre as diferentes modalidades, conforme se comprova pelas letras diferentes entre cada modalidade (Tabela 9). Referir que a modalidade A2 (12.9) apresentou-se estatisticamente diferente da modalidade A6 (14.5). Isto significa que para o ano agrícola 2017/18, o fracionamento do azoto em 25% em cada fase do desenvolvimento vegetativo, não teve tanto efeito na proteína do grão como, a modalidade A6 em que com uma aplicação de 50% do azoto ao emborrachamento obteve-se maiores efeitos na qualidade final do grão da variedade “Antequera” (Tabela 4, Material e Métodos).

A variedade “Antequera”, como se referiu anteriormente, tem estado a ser avaliada noutro projeto que o INIAV- Pólo de Elvas tem com a fileira dos cereais e a indústria transformadora Portuguesa, o seu comportamento ao nível tecnológico tem sido de um trigo melhorador, isto é, com elevada qualidade para a obtenção de farinhas de força (elevada qualidade panificável). Os valores de proteína obtidos neste estudo, que visava como um dos principais

objetivos a definição de itinerário técnicos que conduzissem a uma melhor eficiência da utilização do azoto, e consequentemente uma melhor qualidade da farinha do grão, podem indicar mas de forma preliminar, que os tratamentos de fracionamento do azoto em que 50% da sua aplicação foram ao emborrachamento foram aqueles que pelos dados referentes à qualidades tecnológica do grão apresentaram-se como os melhores tanto ao nível da proteína, como também ao nível da força da massa (W), tratamentos A4, A6 e A8.

Tabela 9. Resultado da Análise de Variância e respetivo Teste Tukey , para o tipo de ensaio, modalidades de fertilização e interação ensaio x modalidade para a produção de grão, número de grãos por m², peso de mil grãos, massa hectolitro, proteína, W e P/L.

	Prod. (kg/ha)	Sig. p≤0,05	Grãos /m ²	Sig. p≤0,05	PMG (g)	Sig. p≤0,05	M. Hect. (kg/hl)	Sig. p≤0,05	Prot. m.s. (%)	Sig. p≤0,05	W	Sig. p≤0,05	P/L	Sig. p≤0,05
Rega														
Sequeiro – R0	2247	***	5745	***	41.03	***	81.40	**	13.8	n.s.	261	***	0.99	n.s.
Regadio – R1	4873		9808		49.61		82.24		13.6		297		1.01	
Fertilização		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	***		*		n.s.	
A1	3816	a	8072	a	46.28	a	82.21	a	13.4	abcd	259	a	1.13	a
A2	3555	a	7419	a	45.93	a	82.38	a	12.9	a	260	a	1.07	a
A3	3266	a	7153	a	45.18	a	81.38	a	13.0	ab	259	a	1.07	a
A4	3881	a	8497	a	44.32	a	82.23	a	14.2	bcd	302	a	0.86	a
A5	3806	a	8452	a	44.48	a	82.23	a	13.3	abd	270	a	1.08	a
A6	3442	a	7436	a	45.02	a	81.79	a	14.5	d	313	a	0.85	a
A7	2986	a	6803	a	43.72	a	81.00	a	13.9	abcd	268	a	1.06	a
A8	3728	a	8380	a	47.62	a	81.33	a	14.3	cd	301	a	0.89	a
Rega x Fertilização		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.

4.5.1 Avaliação de ataque de pássaros

Outro aspeto que contribuiu e não queria deixar de referir, uma vez que, afetou de alguma forma os resultados finais obtidos nos ensaios, foi o efeito da predação ocorrida por parte dos pássaros no final do ciclo vegetativo.

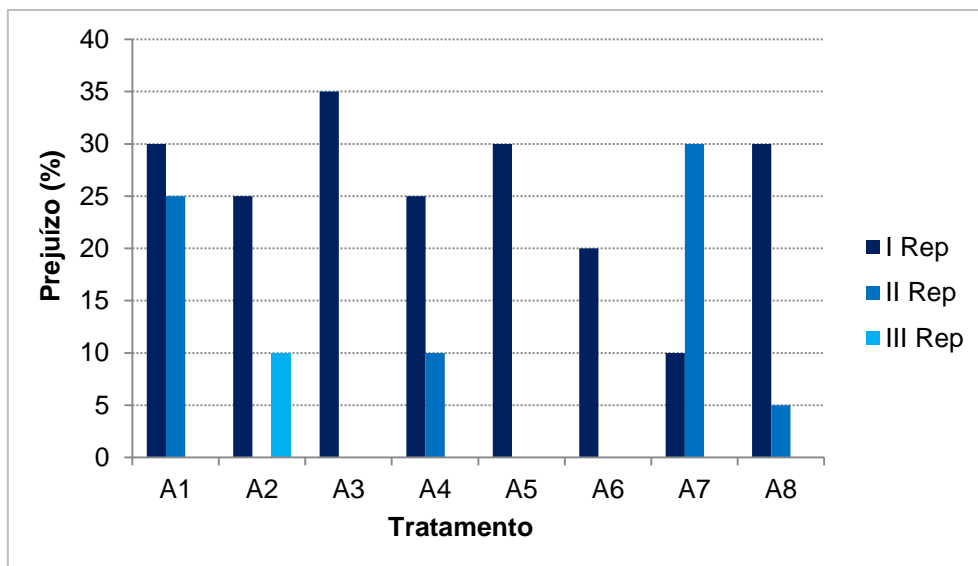


Figura 31 Resultado do ataque por pássaros nas diferentes modalidades de fertilização no ensaio de regadio.

Os valores são apresentados em percentagem de área afetada por parcela e por repetição de cada ensaio. Podemos observar que o ensaio de regadio foi consideravelmente mais afetado (Figura 31), que o ensaio de sequeiro (Figura 32). Este aspeto poderá estar na base de que a qualidade do grão no ensaio de regadio, como se viu pelos dados referidos anteriormente nas Tabelas 8 e 9, o que propiciou uma maior predação na maioria das repetições desse ensaio. Este valor que se quantificou, não se teve em consideração na expressão do rendimento final, mas servem estes valores para expressar um aspeto que anualmente este organismo de investigação se depara e que em determinados anos provoca grandes prejuízos nos resultados finais da experimentação aí efetuada.

Referiu-se que o tratamento A3 apresentou um prejuízo de 35% na primeira repetição do ensaio regado (Figura 31) e as modalidades A7 e A8 no ensaio de sequeiro apresentaram prejuízos da ordem dos 40% tanto na primeira como na segunda repetição do ensaio. Estes valores de predação apesar de significativos em algumas repetições dos ensaios, aumentariam a produção de grão obtida em cada modalidade de fertilização, mas talvez, não fossem o suficientemente grandes para alterar o resultado do ponto de vista estatístico que se obteve neste estudo.

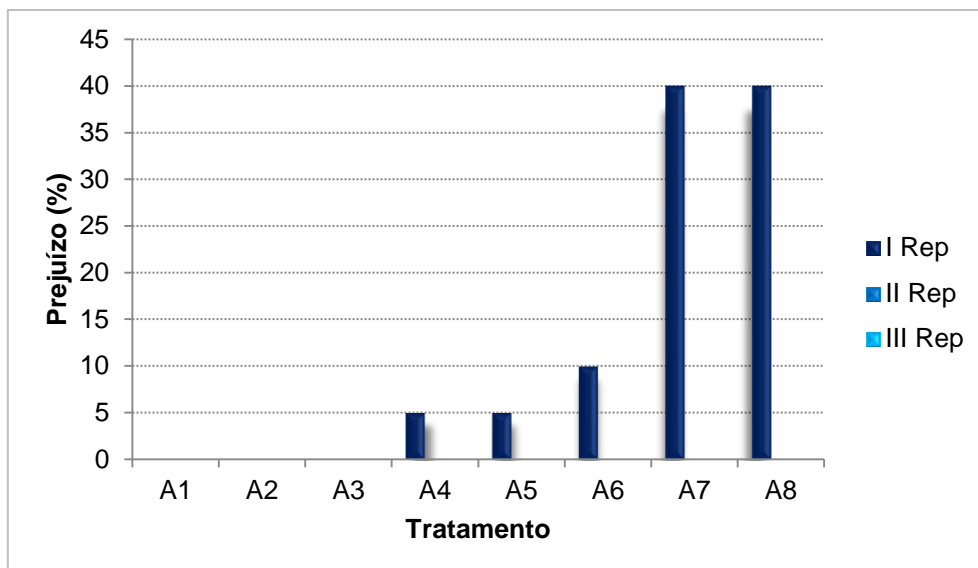


Figura 32 Resultado do ataque por pássaros nas diferentes modalidades de fertilização no ensaio de sequeiro.

5. Conclusões

Apesar deste estudo se basear em dados obtidos num só ano de experimentação nos terrenos do INIAV-Pólo de Elvas, isto é, dados preliminares de avaliação de um projeto que terá continuidade por mais um ano, podemos apontar em forma de conclusões os seguintes pontos:

1. Não se verificou resposta significativa na interação rega x fertilização nas variáveis avaliadas.
2. Independentemente do tipo de fertilizante utilizado, clássico ou de libertação controlada, a variedade “Antequera” obteve uma produção significativamente mais elevada quando se efetuaram regas de apoio na fase mais crítica do seu desenvolvimento vegetativo (o enchimento do grão).
3. A época de aplicação/fracionamento de fertilizantes azotados penalizou a produção de grão quando se aplicou a totalidade do azoto à sementeira (A3 e A7).
4. O peso do grão, último componente da produção a formar-se foi mais elevado em média no ensaio de regadio, tendo contribuído significativamente para as diferenças de produção verificadas entre os dois ensaios.
5. Os teores de proteína e a força da massa foram beneficiados com as aplicações tardias (emborrachamento) de azoto.
6. Os teores de proteína no grão não revelaram resposta significativa à rega.
7. A variedade estudada (“Antequera”), está indicada no projeto (lista de Variedades Recomendadas de trigos de Qualidade LVR), como um trigo com comportamento de melhorador, apesar de a época de sementeira do ensaio ter sido algo tardia, a variedade teve uma boa resposta aos parâmetros avaliados, mostrando-se como uma variedade com grande potencial de adaptação aos nossos sistemas de produção de cereais para grão.

6. Bibliografia

- Acevedo, E., Silva, P. e Silva, H., 2002. Wheat growth and physiology. In Bread Wheat – improvement and production. (Curtis, B.C., Rajaram, S. e Macpherson, H.G. Eds.), FAO Plant Production and Protection Series, 30, pp. 39-70.
- Almeida, A.S.V. (2007). Parâmetros analíticos de seleção do trigo em ambiente mediterrânico – produção e qualidade. Tese de Doutoramento em Biologia – Biologia Vegetal. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia pp. 23-170.
- Alvarez, L. (2001). Alveógrafo de Chopin. Disponível em:
http://members.tripod.com/lucrecia_alvarez/alveografo.htm.
- Anónimo. (2016). Portugal tem potencial para aumentar produção de cereais de qualidade. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/portugal-tem-potencial-para-aumentar-producao-de-cereais-de-qualidade/>.
- Araus, J. L.; Slafer, G. A.; Royo, C. e Serret, M.D. (2008). Breeding for field and stress adaptation in cereals. CRC Ver. *Plant Sci.* 27: 377-412.
- Bagulho, A.S. 2008. Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas da farinha de trigo mole. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 264 p.
- Blumenthal C.S., Bekes, F., Batey, I.L., Wrigley, C. Moss, H.J Mares, D.J. e Barlow, E.W.R. (1991). Interpretation of grain quality results from wheat Variety trials with reference to high temperature stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 42: 325-334.
- Boteta, L. (2014). Melhoramento genético de cereais de outono/inverno em Portugal. Disponível em: www.agronegocios.eu.

- Brites, C.M.C. (1998). Relação das Proteínas de Reserva do Endosperma do Trigo Duro com a Qualidade das Massa Alimentícias. Tese de Doutoramento em Engenharia Agro-Industrial. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, 185 pp.

- Brites, C., Muacho, M.C., Sousa, R.B., Vázquez, J.F. e Carrillo, J.M. (1998). Avaliação da qualidade tecnológica de variedades de trigo duro para o fabrico de massas alimentícias. *Melhoramento*.35.

- Callejo González, M.J. (2002). Industrias de cereales e derivados. AMV Ediciones. 1ª Edición. Madrid.

- Cantarella, H.; Montezano, Z. F. Nitrogenio e enxofre. In: Prochnow, L. I.; Casarin, V.; Stipp, S. R (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes: volume 2. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. p. 15-65.

- Carrillo, J.M.; Vázquez, J.F.; Rodríguez-Quijano; M.; Ruiz, M. 2006. Mejora de la calidad del trigo. *In: Mejora Genetica de la calidad en plantas*. Llacer, G., Diez, M.J., Carrillo, J.M., Badenes, M.L. (Eds). Soc. Esp. Ciencias Hortícolas. Soc. Esp. Genetica. Universidad Politecnica de Valencia. Cap. 6.

- Carvalho, M. (1994). A contribuição conjunta do melhoramento e da fitotecnia na produção de trigo em Portugal face à política agrícola comum. *Melhoramento*, 33: 577 608.

- Catálogo de cereais, produtos para agricultura SA. Disponível em: www.lusosem.pt.

- Coco, J.A.C. (2013). Adaptabilidade e Estabilidade de Produção de Trigo Mole - Interação Genótipo x Ambiente. Tese de Mestrado em Agricultura Sustentável. Escola Superior Agrária de Elvas. Instituto Politécnico de Portalegre.

-Coutinho J. ; Mações, B. ; Almeida, A. S. ; Gomes, C. ; Costa, R. ; Pinheiro, N. ; Coco, J. ; Costa, A. ; (2014). Melhoramento genético de cereais de outono inverno em Portugal. Disponível em : <http://www.agronegocios.eu/noticias/melhoramento-genetico-de-cereais-de-outono-inverno-em-portugal/>

- Diniz, E. (2016). Equilíbrio da balança alimentar – fator sustentabilidade da economia nacional. O caso dos cereais. Apresentação em Power Point, GPP.

- FAO. (2018). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtido a 20 de Agosto de 2018, de Food and Agriculture Organization of the United Nations Agriculture and Consumer Protection Department Conservation Agriculture. Disponível em: <http://www.fao.org>.

- Finney, K.F., Yamarzaki, W.T., Youngs, V.L. e Rubenthaler, G.L. (1987). Quality of hard, soft and durum wheat. In: Heyne, E.G. (eds.). *Wheat and Wheat Improvement*. ASA/CSSA/SSSA: Madison, W. I., pp. 677-748.

- Freitas, T. (2017). Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de libertação lenta ou controlada na cultura do cafeeiro: eficiência e custos. Dissertação de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia. Universidade Federal de Lavras, Brasil.

- GENVCE, 201. TBP, 39; Antequera.

- Gomes, M.C. (1999). Identificação de variabilidade genética para resistência/tolerância a elevadas temperaturas na fase final do ciclo, em genótipos de trigo (*Triticum* sp.). Tese de Mestrado em Melhoramento de Plantas. Universidade de Évora, 95pp.

- González, F. e Rojo, C. (2005). Gramíneas y seudocereales. En “Prontuario de Agricultura”. Co-Edición Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp. 3-228.

- Hall, W. Benefits of enhanced-efficiency fertilizers for the environment. In: Ifa International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 2005, Frankfurt. Proceedings... Frankfurt: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 1-9. 1 Cd-rom.

- Hanft, J. M. e Wych, R.D. (1982). Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat. *Crop Sci.*, 22: 584-587.

- Haun, J.R. (1973). Visual quantification of wheat development. *Agr. J.*, 65: 116 117.

- Kirby, E.J.M. e Appleyard, M. (1987). Cereal Development Guide, Second Edition. Arable Unit National Agricultural Centre: Stoneleigh. Warwickshire. UK.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. (2006). World Map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. Vol. 15. 3:259-263.

- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., e Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. In *Meteorologische Zeitschrift* (Vol. 15 , pp. 259-263).

- Large, E.C., 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the "Feekes" scale. *Plant Pathology*, 3, 129-129.

- Loss, S.P. e Siddique, K.H.M. (1994). Morphological and physiological traits Associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Advances in Agronomy*, University of Delaware, Newark, USA. 52: 229-276.

- López Bellido, L. (1991). Cultivos Herbáceos Vol.I. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp.26-236.

- LVR- lista de variedades recomendadas, Elvas 20 de Outubro de 2017.

- Maçãs, B.M.; Gomes, M.C., Días, A.S. e Coutinho; J.N.P. (2000). The tolerance of durum wheat to high temperatures during grain filling. *In*: Royo, C.;

- Maçãs, B.M., Almeida, A.S., Costa, R., Coutinho J., Costa, A., Pinheiro, N., Gomes, C. e Coco, J. (2011). Melhoramento Genético do Trigo em Portugal – Progressos na produtividade nos últimos 60 anos. Agrorrrural. Contributos Científicos. Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P. Lisboa. pp. 986- 997.

- Maçãs, B., 1996. Definição de Critérios de Selecção de Trigo Mole (*Triticum aestivum* L.) para as condições do ambiente mediterrânico do Sul de Portugal. Dissertação apresentada no Instituto Nacional de Investigação Agrária para efeitos de concurso para Investigador Auxiliar, Elvas.

- Martin, J.H., Leonard, W.H. y Stamp, D.L. (1976). Principles of field crop production. Macmillan. New York. USA.

- Martins, I. (2013). Os cereais em que vale a pena investir. ANPOC. Disponível em: <http://anpoc.pt/wp-content/uploads/2014/02/vr-Estudo-anpoc-rrn-1.2014.pdf>.

- Molina Cano, J.L. (1989). La Cebada. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.

- Monho, A. T. (2013). Determinação do valor tecnológico e de utilização de vários tipos de misturas de farinha de trigo mole e sêmola de trigo duro para o fabrico de pão tradicional. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar. P 7-8. UNL-Lisboa.

- Moragues, M., García del Moral, L.F., Moralejo, M. e Royo, C. (2006). Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: I. Yield components. *Field Crops Research.*, 95: 194-205.

- Nachit, M. M.; Di Fonzo, N.; Araus, J. L. (Eds.). Options Méditerranéennes – Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges. Serie A40. CIHEAM: Zaragoza. España. pp. 257-261.

- Nawab, K., Arif, A.M., Shah, P., Rab, A., Khan, M.A., Khan, M.A. y Khan, K. (2011). Effect of FYM, potassium and zinc on phenology and grain yield of wheat in rainfed cropping systems. *Pakistan Journal of Botany*, 43(5), 2391-2396.

- Pallarés, M.G.; León, A.E.; Rosell, C.M. 2007. Trigo. In: De TALES HARINAS, TALES PANES: Granos, harinas e productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba. Argentina.

- Patanita, M., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Martins, P., Ferro Palma, J. , Tomaz, A., Espada, R., Boteta, L., Costa, A.R., Pinheiro, N. , Gomes, C. , Bagulho, A.S. , Almeida, A.S. , Coutinho, J. , Coco, J. , Costa, A. e Maçãs, B.: Projeto FERTITRIGO – *Otimização da aplicação de fertilização azotada em trigos melhoradores*. Revista Voz do Campo, nº 216 (2018). Disponível em: <http://vozdocampo.pt/2018/06/13/otimizacao-da-aplicacao-de-fertilizacao-azotada-em-trigos-melhoradores/>, consultado a 29 de agosto de 2018.

- Pinheiro, N. (2014). Comunicação pessoal, aula de Culturas Arvenses.

- Pinheiro, N. (2017). Influência varietal e ambiental nas características agrónomicas e de qualidade do trigo duro (*Triticum turgidum* (L.) Thell. ssp. *durum* Desf. Implicações na selecção de novas variedades. Tese de doutoramento em Engenharia Agronómica. Universidade da Extremadura.

- Remelgado, T. (2016). Qualidade e segurança alimentar no fabrico de farinhas de trigo. Relatório de estágio. Universidade de Coimbra.

- Richards, R. A. e Passioura, J. B. (1992). The effect of dwarfing genes in Spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics. *Aust. J. of the Agric. Res.* 43: 517-527.

- Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V. e Garcia del Moral, L.F. (2006). Grain growth and yield formation of durum wheat grow at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. *Cereal Res. Commun.*, 34:1021 1028.

- Seif, E. e Pederson, D.G. (1978). Effect of rainfall on the grain yield of Spring wheat, with an application to the analysis of adaptation. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 1107-1115.

- Shaviv, A. Controled release fertilizers. In: Ifa International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 2005, Frankfurt. Proceedings... Frankfurt: IFA, 2005. Disponível em: <http://www.fertilizer.org/ItemDetail?iProductCode=7968Pdf&Category=AGRI&WebsiteKey=411e9724-4bda-422f-abfc-8152ed74f306>.

- Silva, R. M. (2016). Avaliação de parâmetros produtivos e reprodutivos em bovinos da herdade de Cavalinhos. Relatório de estágio de Licenciatura. Escola Superior Agrária de Elvas.

- Slafer, G.A. e Araus, J.L. (1998). Improving wheat responses to abiotic estréses. In: Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium, 1: 201-213. Slinkard, A.E. (Eds.). University of Saskatchewan Extension Press, Saskatoon.

- Slafer, G. A. (2003). Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. *Ann. Appl. Biol.* 142: 117-128.

- Slafer, G.A. e Rawson, H.M. (1994). Sensitivity of wheat phasic development to Major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. *Aust. J. of Plant Physio.*, 21: 393-426.

- Šramková,Z.; Gregová, E.; Šturdík, E. 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca* 2 (1): 115-138.

- UNESCO-FAO (1963). Bioclimatic map of the Mediterranean zone; ecological study of the Mediterranean zone, explanatory notes. UNESCO: Paris.

- Tomaz, A. (2017). Workshop FertiTrigo. Perspectivas futuras- Projecto INTERATrigo.

- Trenkel, M. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. 2nd ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

- Yang, J., Sears, R.G., Gill, B.S. e Paulsen, G.M. (2002). Genotypic differences In utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock estréses. *Euphytica*, 125: 179-188.

- Zadoks, J. C., Chang, T. T. e Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the Growth stages of cereals. *Weed Res.*, 14: 415-421.

- www.bosk.atlanlusi.com, consultado a 23 julho de 2018.

- www.gastropedinutri.blogspot.com, consultado a 23 de julho de 2018.

- <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/trigo/classificacoes-do-trigo/>, consultado a 7 de Agosto de 2018.

- <https://cpalexandria.wordpress.com/2012/03/12/crescente-fertil-e-o-modo-de-producao-asiatico/>, consultado a 18 de Abril de 2018.

- <https://pt.climate-data.org/location/7061/>, consultado a 7 de Agosto de 2018.

- https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger, consultado a 18 de Abril de 2018.

